

영상장치의 BP 및 연상메모리 분석

Analysis of the Back Propagation and Associative Memory for Image System

민병로^{1*} · 김 용¹ · 김동우¹ · 서광욱¹ · 이창우¹ · 이대원¹ · 김창수²

¹성균관대학교 바이오메카트로닉스학과

²상주대학교 기계공학부

Min, B.R^{1*} · Kim, W¹ · Kim, D.W¹ · Seo, K.W¹ · Lee, C.W¹ · Lee, D.W²

¹Dept. of Bio-Mechatronic Engineering, Sungkyunkwan National University

²School of Mechatronic Engineering, Sangju National University

서 론

컴퓨터 시각장치에 의한 3차원 정보를 이용한 연구현황으로서는 최근에 많이 연구되어지고 있으며, 그 중에서 가장 일반적인 방법으로 사람의 눈과 비슷한 구조를 가진 스테레오 시각을 이용한다. 한 대의 카메라를 통해 얻어지는 3차원 영상 정보는 3차원 대상체가 2차원 평면상에 투사되어 얻어진 정보이므로 대상체가 갖는 3차원 공간 정보를 얻기 위한 접근법이 필요하다. 스테레오 비전(Stereo vision)은 각각의 카메라를 통하여 2차원 영상을 얻고 이들간에 삼각측량법을 이용하여 3차원 정보를 검출하는 것이다. 방법은 두 단계가 있는데, 첫째 단계는 두 영상에서 선택된 점들의 대응관계(Correspondence)를 판단하고 그 점의 깊이정보를 계산하는 일이다. 둘째 단계는 보간법 등을 적용하여 영상의 모든 점에 대하여 깊이정보를 구한 후 3차원 공간에 표면을 나타내는 것이다.

재료 및 방법

1. 영상 입력부

입력 센서부에 해당하는 영상 입력장치로는 4.8mm 렌즈를 부착한 Ikegami사의 컬러 CCD 카메라(ICD-703) 2대를 사용한다. 본 연구에서 사용된 카메라의 제원은 다음과 같다.

Table 1. Specifications of CCD camera

Item	Specification	
CCD camera (Model: ICD-703)	T V	NTSC standard 525Lines
		60 Field/sec 2:1
	Image sensor	1/3inch interline transfer CCD
	Pixel elements	771(H)×492(V)
	Resolution	460TV Lines
	S/N ratio	50dB(AGC OFF)

2. 신호 처리부

RS-170 12.28Mhz의 아날로그 신호 값으로 CCD 카메라에서 출력되는 영상 신호는 컴퓨터와의 인터페이스를 위하여 디지털 신호값으로 변환되어야 한다. 컴퓨터 프로그램에 의해 수행된 영상처리 결과는 영상메모리 내부의 LUT(Look Up Table)를 조합함으로써 영상출력 전용의 모니터상에서 확인할 수 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 Coreco사의 OCULSU TCI-SE PCI Frame grabber(CORECO Inc., St. Laurent, CANADA)를 사용한다. 장치는 A/D 변환기가 내장된 입력장치, 처리 장치, 프레임 버퍼 메모리가 포함된 Storage block, D/A Converter가 내장된 Output device 등으로 구성되어 있다

3. 영상처리시스템 제어장치

장치의 구성은 스텝핑모터, 스텝핑모터 구동 드라이버, 카메라 두 대, 원칩 마이컴 및 PC와 RS232통신이 가능하도록 하는 통신포트 등으로 구성되어 있다.

Fig. 1은 통신을 위한 컨버터인 RS422로써 MAX232칩과 75179칩을 사용하여 PC와의 시리얼 통신을 위해 제작된 모습이다. RS232C방식에서 내노이즈성과 전송능력을 개선하기 위해 차동증폭기를 사용한 RS422방식을 채택하였으며 멀티통신이 가능하도록 하였다. 또한 접촉센서인 리미트 스위치와 모터에 부착된 엔코더를 사용하여 위치제어와 속도제어가 용이하도록 설계하였다. 작동상태의 표시는 16×2 라인의 LCD를 부착하였다.

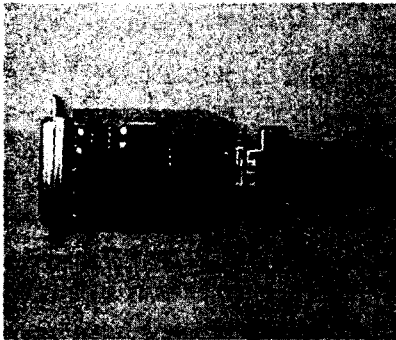


Fig. 1 RS422 convertor

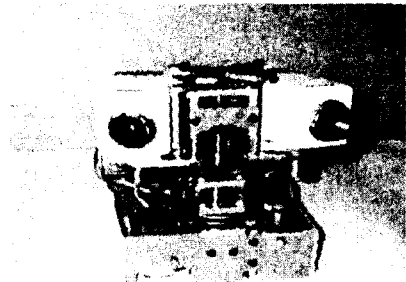


Fig. 2 3-D image processing system

Fig. 2는 완성된 3차원 영상처리장치의 개발된 제어시스템으로 스텝핑모터를 구동할 경우의 카메라 모양을 나타낸 그림이다.

4. 실험방법

수확기와 산업용 로봇 영상장치의 차이점은 대상체 개개의 형상, 크기, 색이 각기 다르고, 3차원적으로 불규칙하게 분포한다는 점, 자연 상태의 외부 환경에서 작업하기 때문에 조명조건(태양광의 직사, 그늘, 역광 등)이 균일하지 않고 가변적이다.

영상의 이치화는 대상물을 배경으로부터 분리해서 식별하고 고속으로 처리하기 위해 많이 사용한다. 흑백 카메라로 영상을 입력하는 경우 이치화 처리는 설정한 문턱값 값

기와 비교하여 수행한다.

컬러 영상신호는 적(R), 녹(G), 청(B)신호와 동기신호로 구성되어 있다. 이 컬러 영상신호로부터 대상물의 색 차이를 이용하여 작물의 영상을 얻는 방법으로서 색 신호끼리 직접 비교하거나 RGB색 신호를 이용하여 연산한 값을 문턱값과 비교하는 방법이 이용되고 있다.

색상은 적, 청, 황의 색조를 나타낸다. 채도는 포화도라고도 부르며 색의 선명한 정도를 나타낸다. 예를 들면, 같은 청색에서도 선명한 청색을 채도가 크다고 한다.

식물체의 잎이나 꽃 등의 배열은 규칙성을 가지는 경우가 많아서 이것을 미리 지식 베이스로써 저장해 두면 신속하고 정확한 인식을 할 수 있다. 작물은 이랑 등을 따라 다수의 열로 재배되는 경우가 많기 때문에 대상이 되는 작물과 그 이외의 것을 식별할 필요가 있다. 이때 작물 이외의 토양, 배경 등의 식별에는 주로 분광반사특성을 이용하고, 작물끼리의 식별에는 거리정보를 이용하는 것이 적당하다고 판단된다.

영상처리는 잎과 줄기로부터 오이를 구별하기 위하여 연상메모리와 오류역전과 알고리즘을 적용하였다.

결과 및 고찰

1. 연상메모리 알고리즘

Fig. 3 (a)의 이미지 크기는 445×363 픽셀이며 오이의 인식부위를 사각형으로 나타내었다. 영상정보를 효율적으로 구분하기 위해 Fig. 3 (b)에서 이치화 하였다.

Table 2는 5개의 실제영상을 가지고 자동 검출한 오이인식의 결과를 나타내었다. 1~4는 오이의 인식과 위치추정을 검출하기 위한 영상이고, 5는 학습패턴에 대한 출력패턴을 판별하기 위해 297×421 크기의 오이가 없는 영상이다. 총검출수(Total detection numbers)는 전체영상에서 오이의 검출을 자동으로 검출한 수이다. 또한 검출된 수(Detected numbers)는 검출조건을 적용한 후 학습패턴과 유사한 출력패턴이다.



(a)



(b)

Fig. 3 Cucumber images before and after image processing in the greenhouse

오이 과병으로 인식된 패턴은 오이로 판정된 패턴 중에서 인식 수(Recognition number)로 나타내었고, 다르게 인식한 패턴은 오검출 패턴(False detection pattern)이라고 하였다. 다르게 검출한 패턴은 오검출율과 제거율로 분류하여 나타내었다. 이러한 데이터를 통해서 본 알고리즘의 연상능력 및 검출조건에 대한 분류능력을 판단하였다.

Table 2. Results of pattern recognition

No.	Image size (Pixels)	Threshold value	Total detection numbers	Recognition pattern		False detection pattern		
				Detected numbers	Recognition number	Number	False rate	Removal rate(%)
1	445×363	170	15×12 (180)	4	1	3	1.6 %	98.4
2	501×391	210	17×13 (221)	2	1	1	0.1 %	99.9
3	300×421	80	10×14 (140)	7	1	6	4.2 %	95.8
4	450×271	180	15×9 (135)	4	1	3	2.2 %	97.8
5	297×421	160	10×14 (140)	1	-	1	0.1 %	99.9

Table 3. Results of pattern recognition on each threshold value

No.	Image size (Pixels)	Threshold value	Total detects numbers	Recognition pattern		False detection pattern		
				Detected numbers	Recognition number	Number	False rate	Removal rate
1	445×363	150	15×12 (180)	5	1	4	2.6 %	97.4%
2	501×391	190	17×13 (221)	4	1	3	1.6 %	98.4%
3	300×421	60	10×14 (140)	5	1	4	2.9 %	97.1%
4	450×271	160	15×9 (135)	4	1	3	2.2 %	97.8%
5	297×421	140	10×14 (140)	0	-	0	0.0 %	100.0%

Table 4. Error rates of position from recognized images

No. of images	Image size (Pixels)	Pattern coordinate		
		Original image	Recognized image	Position error
1	445×363	(196,261)	(192,255)	(4,6)
2	501×391	(171,209)	(164,223)	(7,14)
3	300×421	(170,191)	(165,192)	(5,1)
4	450×271	(211,102)	(205,103)	(6,1)
5	297×421	-	-	-

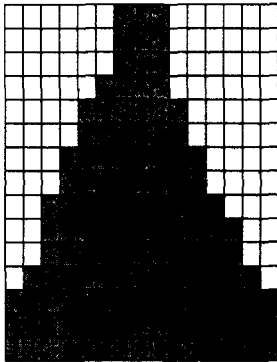
실제영상에서 오검출율은 전체 영상에서 0.1~4.2%를 나타냈다. 학습패턴과 다른 출력패턴은 96~99%의 제거율(Removal rate)을 나타내었다. 이러한 데이터는 복잡한 영상을 고려할 때 높은 제거율이라고 판단된다. 오검출 원인은 이치화 영상에서 불명확한 영상정보를 얻었기 때문이다.

Table 3은 Table 2에서 임계치 설정을 다르게 하여 오이의 검출율을 나타낸 것이다. 3~5번 영상의 임계치 설정은 Table 2의 임계치 설정보다 오이에 대하여 효율적인 인식을 나타냈다. Table 4는 영상에서 오이의 과병 위치와 오이로 인식된 출력패턴의 위치 좌표를 나타내었다. 위치오차(Position error)는 실제영상에서의 오이 과병과 인식

패턴의 좌표차이를 나타낸다. 이와 같이, 실제영상에서 위치오차는 30×30간격으로 검출하였기 때문에 발생한 오차로 판단된다.

2. 오류역전과 알고리즘

형상인식은 15×15의 마스크를 만들어 과병을 찾고자 하였다. Fig. 5는 샘플패턴을 보여준다. BP학습은 샘플패턴의 수 및 반복 학습수에 따라 과병의 인식률이 다르게 나타난다. 샘플 수는 Fig. 5와 같은 형태의 2~25개의 패턴 수에 따라 1000~10000번을 반복 학습하여 과병 인식률을 확인하였다.



0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fig. 4 Pixels of an threshold image Fig. 5 Binary codes for pattern recognition

Fig. 4는 실제 영상에서 오이 과병을 추출한 이치화 영상이다. 형상인식을 하기 위하여 15×15로 과병 부분을 추출하였다. Fig. 5는 Fig. 4의 이치화 영상을 BP알고리즘에 적용하기 위한 것이다. 배경과 오이를 판별하기 위하여 과병은 1로 하였으며, 배경은 0으로 하여 학습하였다.

오이 검출은 영상장치를 통하여 과병에 해당하는 화소를 학습요소로 하였다. 입력된 영상에서 줄기에 대한 과병의 각도와 픽셀 수를 계산하였다. 실험은 원예연구소에서 재배중인 백다다기 오이를 대상으로 하였다.

학습은 샘플패턴 수에 의한 반복 회수에 따라 하였으며, 재배 중인 오이 100개에 대하여 인식률을 검사했다. 검증실험은 50개 대하여 수행하였다.

BP알고리즘은 출력층 오차 신호를 이용하여 은닉층과 출력층간의 연결강도를 변경하고 출력층 오차신호를 은닉층에 되돌려서 은닉층의 연결강도를 변경하는 것이다. BP 학습은 입력패턴과 은닉층 및 출력층의 연결강도에 따라서 출력패턴의 결과가 다르게 나타났다.

Table 5. Results of pattern recognition for 140 detected numbers

Total detects numbers	Learning pattern number	Recognition pattern		False detection pattern		
		Detected numbers	Recognition number	Number	False rate(%)	Removal rate(%)
10×14 (140)	2	2	2	-	-	100.00
	3	2	2	-	-	100.00
	4	2	2	-	-	100.00
	5	2	2	-	-	100.00
	6	2	2	-	-	100.00
	7	2	2	-	-	100.00
	8	3	2	1	0.01	99.99
	9	3	2	1	0.01	99.99
	10	3	2	1	0.01	99.99
	11	4	2	2	1.43	98.57
	12	4	2	2	1.43	98.57
	13	4	2	2	1.43	98.57
	14	5	2	3	2.14	87.86
	15	5	2	3	2.14	87.86
	16	6	2	4	2.86	97.14
	17	6	2	4	2.86	97.14
	18	6	2	4	2.86	97.14
	19	8	2	6	4.29	95.71
	20	8	2	6	4.29	95.71
	21	8	2	6	4.29	95.71
	22	9	2	7	5.00	95.00
	23	9	2	7	5.00	95.00
	24	9	2	7	5.00	95.00
	25	11	2	9	6.43	93.57

Table 5는 15×15의 마스크를 이용하여 300×421크기의 영상에서 2~25개의 학습패턴을 적용한 검출결과를 나타낸 것이다. 학습패턴 수는 2~7개를 적용한 경우 오검출을 하지 않는 것으로 나타났다. 학습패턴이 8개 이상으로 증가한 경우에도 정확하게 오이를 검출하였다. 그러나 학습패턴이 증가하면서 유사한 패턴을 과병으로 인식하여 학습패턴이 25개인 경우는 오검출이 6.43%를 나타냈다.

Table 6은 은닉층수에 따른 출력패턴의 검출결과를 나타낸 것이다. 은닉층수 1000~6000까지는 Fig. 4의 이치화 값을 적용한 학습패턴에 의해 오이를 검출하였고, 7000부터는 오차가 0.01~1.11까지 발생했다. 은닉층이 많을 경우 가중치에 의해 Fig. 4의 이치화 값과 비슷한 것도 오이로 오검출되었다.

Table 7은 영상의 크기에 따른 오이의 인식결과를 나타낸 것이다. 실제영상의 크기를 445×363, 501×391, 300×421, 450×271, 297×421의 크기에 따라 학습패턴을 2, 10, 15, 20, 25까지 적용하여 출력패턴을 얻었다. 실험결과 학습패턴의 증가에 따라 오검출이 증가하였으나 영상의 크기에 따른 검출값의 변화는 없는 것으로 나타났다. 학습패턴

이 2개인 경우는 모든 영상에서 오이를 검출하였으며, 학습패턴이 25개인 경우는 93.57~96.36%로 검출되었다.

Table 6. Results of hidden layer number

hidden layer	Image size	Total detects numbers	Recognition pattern		False detection pattern		
			Detected numbers	Recognition number	Number	False rate(%)	Removal rate(%)
1000	445×363	15×12 (180)	2	2	-	-	100.00
2000	445×363	15×12 (180)	2	2	-	-	100.00
3000	445×363	15×12 (180)	2	2	-	-	100.00
4000	445×363	15×12 (180)	2	2	-	-	100.00
5000	445×363	15×12 (180)	2	2	-	-	100.00
6000	445×363	15×12 (180)	2	2	-	-	100.00
7000	445×363	15×12 (180)	3	2	1	0.01	99.99
8000	445×363	15×12 (180)	3	2	1	0.01	99.99
9000	445×363	15×12 (180)	4	2	2	1.11	98.89
10000	445×363	15×12 (180)	4	2	2	1.11	98.89
1000	297×421	10×14 (140)	2	2	-	-	100.00
2000	297×421	10×14 (140)	2	2	-	-	100.00
3000	297×421	10×14 (140)	2	2	-	-	100.00
4000	297×421	10×14 (140)	2	2	-	-	100.00
5000	297×421	10×14 (140)	2	2	-	-	100.00
6000	297×421	10×14 (140)	2	2	-	-	100.00
7000	297×421	10×14 (140)	3	2	1	0.01	99.99
8000	297×421	10×14 (140)	3	2	1	0.01	99.99
9000	297×421	10×14 (140)	3	2	1	0.01	99.99
10000	297×421	10×14 (140)	3	2	1	0.01	99.99

Table 8은 Camera를 통하여 입력된 좌·우 영상 40개에 대하여 학습패턴을 2~25까지 적용하여 검출한 것이다. 학습패턴의 수가 7~9개인 경우 오이의 검출이 가장 좋은 것으로 나타났다. 학습패턴 수가 25개로 증가하면 40개의 영상에서 오검출율이 16.02%로 나타났다. 또한 학습패턴이 2개인 경우 40개의 영상에서 8개의 오이를 검출하지 못하였다.

연상메모리의 경우 영상의 크기에 따른 영향이 있으나, 오류역전과 알고리즘은 학습패턴의 수를 조절한다면 영상의 크기에 영향이 없었다. 또한 출력패턴도 연상메모리 보다 2.02% 높게 검출하였다.

Table 7. Comparison of pattern recognition for an image pixel size

Total detects numbers	Image size	Learning pattern number	Recognition pattern		False detection pattern		
			Detected numbers	Recognition number	Number	False rate(%)	Removal rate(%)
15×12 (180)	445×363	2	2	2	-	-	100.00
	445×363	10	3	2	1	0.01	99.99
	445×363	15	5	2	3	1.67	98.33
	445×363	20	7	2	5	2.78	97.22
	445×363	25	10	2	8	4.44	95.56
17×13 (221)	501×391	2	2	2	-	-	100.00
	501×391	10	4	2	2	0.01	99.99
	501×391	15	6	2	4	1.81	98.19
	501×391	20	7	2	5	2.26	97.74
	501×391	25	10	2	8	3.62	96.38
10×14 (140)	300×421	2	2	2	-	-	100.00
	300×421	10	4	2	2	1.43	98.57
	300×421	15	6	2	4	2.86	97.14
	300×421	20	8	2	6	4.29	95.71
	300×421	25	11	2	9	6.43	93.57
15×9 (135)	450×271	2	2	2	-	-	100.00
	450×271	10	4	2	2	1.48	98.52
	450×271	15	6	2	4	2.96	97.04
	450×271	20	7	2	5	3.70	96.30
	450×271	25	9	2	7	5.19	94.81
10×14 (140)	297×421	2	2	2	-	-	100.00
	297×421	10	4	2	2	1.43	98.57
	297×421	15	6	2	4	2.86	97.14
	297×421	20	7	2	5	3.57	96.43
	297×421	25	10	2	8	5.71	94.29

Table 8. Comparison of pattern recognition for the 140 image pixel size

Total detects numbers	Learning pattern number	Recognition pattern		False detection pattern		
		Detected numbers	Recognition number	Number	Average of false rate(%)	Average of removal rate(%)
10×14 (140)	2	34	32	-8	-0.01	-99.99
	3	37	34	-6	-0.01	-99.99
	4	39	35	-5	-0.01	-99.99
	5	41	37	-3	-0.01	-99.99
	6	43	38	-2	-0.01	-99.99
	7	44	40	4	0.01	99.99
	8	43	40	3	0.01	99.99
	9	44	40	4	0.01	99.99
	10	53	40	13	0.01	99.99
	11	62	40	22	0.01	99.99
	12	79	40	39	0.01	99.99
	13	84	40	44	0.01	99.99
	14	89	40	49	0.01	99.99
	15	95	40	55	0.01	99.99
	16	123	40	83	1.43	98.52
	17	159	40	119	2.13	97.87
	18	184	40	144	2.57	97.43
	19	228	40	188	3.36	96.64
	20	273	40	233	4.16	95.84
	21	316	40	276	4.92	95.08
	22	382	40	342	6.12	93.88
	23	477	40	437	7.80	92.20
	24	664	40	624	11.14	88.86
	25	937	40	897	16.02	83.98

요약 및 결론

영상처리는 정확한 오이의 형상 및 위치를 인식하기 위하여 형상인식 알고리즘에 대한 연구를 수행하였다. 다양한 오이형상을 인식하기 위한 방법으로는 신경회로망의 연상 메모리와 오류역전과 알고리즘을 이용하여 오이의 특징형상을 인식하였다. 형상인식은 실제영상에서 오이의 형상과 위치를 판정할 수 있도록 알고리즘을 개발한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

연상메모리 알고리즘은 학습패턴의 수를 2개, 3개, 4개를 각각 기억시켜 샘플패턴 20개를 실험한 결과, 학습패턴으로 복원된 출력패턴의 비율은 각각 65.0%, 45.0%, 12.5%로 나타났다. 오이의 특징형상 검출은 30×30간격으로 자동검출 되도록 처리하였다. 오이로 인식된 출력패턴 중에서 오검출된 출력패턴의 비율은 0.1~4.2%로 나타났다. 오류역전과 알고리즘은 영상크기를 445×363, 501×391, 300×421, 450×271, 297×421의 크

기에 따라 출력패턴을 얻은 결과 영상의 크기에 따른 검출 값의 변화는 없는 것으로 나타났다. 오류역전과 알고리즘은 학습패턴 수가 25개로 증가하면 영상에서 다른 패턴을 검출하는 비율이 16.02%로 나타났다. 또한 학습패턴이 2개인 경우 40개의 영상에서 8개의 오이를 검출하지 못하였다.

연상메모리의 경우 영상의 크기에 따라 영향이 있으나, 오류역전과 알고리즘은 학습패턴의 수를 조절했을 때 영상의 크기에 따른 영향이 없었다. 또한 출력패턴도 연상메모리 보다 2.02% 높게 검출되었다.

인용문헌

1. Gonzalez. Woods 디지털 영상 처리. 청문각
2. Lee, Dae-Weon, "An Image Processing System to Estimate Pollutant Concentration of Animal Wastes", Journal of Livestock Housing and Environment, v.7, n.3, pp.177-182
3. Lee, Dae-Weon, "An Image Processing System for Measuring the Weight of A Dairy Cattle", Journal of Livestock Housing and Environment, v.7, n.3, pp.183-190
4. Lee, Dae-Weon, Dong-Woo Kim, Hyun-Tae Kim, Si-Heung Sung and Yong-Kuk Lee, "An image processing system for the grape harvesting robot", Journal of bio-environment control, v.10, n.3, pp.172-180
5. N.Kondo. Y.Nishitsuji. P.P.Ling. and. K.c.Ting. 1996. Visual Feedback Guided Robotic Cherry Tomato Harvesting. ASAM. 2331-2338