

검사공정 자동화를 위한 실시간 비전알고리즘 개발 및 응용에 관한 연구

A Study on Development and Application of Real Time Vision Algorithm for Inspection Process Automation

백승학^{1*}, 황원준², 신행봉³, 최영식⁴, 박대영⁵

Seung-Hak Back^{1*}, Won-Jun Hwang², Haeng-Bong Shin³, Young-Sik Choi⁴,
Dae-Yeong Park⁵

〈Abstract〉

This study proposes a non-contact inspective technology based robot vision system for Faulty Inspection of welding States and Parts Shape.

The main focus is real time implementation of the machining parts' automatic inspection by the robotic moving.

For this purpose, the automatic test instrument inspects the precision components designator the vision system. pattern Recognition Technologies and Precision Components for vision inspection technology and precision machining of precision parts including the status and appearance distinguish between good and bad.

To perform a realization of a real-time automation integration system for the precision parts of manufacturing process, it is designed a robot vision system for the integrated system controller and verified the reliability through experiments. The main contents of this paper, the robot vision technology for noncontact inspection of precision components and machinery parts is useful technology for FA.

Keywords : Manufacturing Process, Pattern Recognition, Automatic Inspection

1. (주)두산중공업
2. 경남테크노파크
3. (주)SG서보
4. 영남이공대
5. 부산대학교

1. 서 론

최근 생산자동화 및 지능화관련 기술의 현황은 현재의 국내에 카메라 등에 사용되는 단조 및 주조금형을 제조하는 가공업체는 약 100개 업체와 일본과 중국의 해외 현지업체, 기타 임가공 업체 등이 있다. 그리고, 관련 광학렌즈는 국내주요 업체들과 미국의 약 2개사에서 생산되는 양으로 전 세계에 대부분이 공급되고 있다고 할 수 있다. 이와 같은 시대의 흐름에 부응하여 소비자의 요구에 따라 모든 시스템의 지능화·첨단화가 추구되면서 화상처리기술, 영상인식 그리고 시스템의 시각화 기능이 요구되면서 부터 매우 중요한 산업분야로 부각된 초정밀렌즈의 품질향상을 위해 공정 자동화를 위한 지능형 로봇 비전 시스템 개발이 시급한 실정이다

90년대 후반에 들어 CPU의 놀라운 처리성능 향상, 고속 대용량 Memory의 발전, 고기능 Camera의 탄생 등 주변기술의 고 기능화 및 저가격화가 이루어지면서 전 세계적으로 비약적으로 발전하고 있는 분야이며, 비접촉 검사용 비전 시스템은 FA분야에서 필수적인 핵심요소로 까지 여겨지게 되었고, 일반 기업에서도 신뢰성 있는 비접촉 검사용 비전 시스템의 도입이 근래에 와서는 그리 부담스럽지 않은 상황이라고 판단된다. 전 세계적인 추이로 보면 비교적 단순기능의 Sensing 처리 방식은 저가의 비접촉 검사용 비전 시스템의 출현이 조만간에 예견되며 기타 범용 장비도 저가격화 추세에 있으며 특정분야에 응용되는 고기능, 고성능 제품 등은 향후에도 상대적으로 고가를 유지할 전망이다.

현재, 비접촉 검사용 비전 시스템의 국내 실정은 외산의 상용 장비의 도입이 주류이며 일부 업체들에서 외산 핵심 장치를 근간으로 하고 처리목적에 맞게 Program 만을 개발하는 형태로 업무를

진행하는 형식이 대부분이라고 할 수 있다. 소수의 일부 기업들에서 핵심 처리 장치를 개발하려고 시도되고 있으며 현재 상용화 된 것은 거의 없는 실정이다. 또한, 이 분야의 응용기술은 여러 업체에서 노하우를 쌓아가며 연구개발에 박차를 가하고 있고 향후 국내 기술도 진일보 할 것으로 기대 된다. 기업의 경쟁력 확보에 비접촉 검사용 비전 시스템의 역할은 지대 할 것으로 판단되는데 그 이유는 경쟁력 강화를 위한 품질 보증, 인력 절감 생산성 향상 등 다양한 분야에 확대 적용이 기대되며 첨단 정밀 분야인 광학기기, 반도체, 디스플레이, 광학재료 및 정밀부품 분야 등에서는 비전 기술에 의한 검사/계측이 더욱 절실할 것으로 보인다.

광학렌즈의 활용분야는 PC카메라, WEB카메라, 디지털카메라, 화상 휴대폰 및 IMT2000의 렌즈, 보드렌즈, 그리고 안경산업 및 휴대폰산업 등에 이르기까지 매우 광범위하므로, 관련산업분야의 기술개발이 절실히 요구되고 있다

따라서, 본 연구에서는 비접촉 검사용 비전 시스템을 설계 개발하여 렌즈의 가공 정밀도 및 외형 상태를 비롯하여, 양·불량 판정을 수행할 수 있는 광학렌즈 자동 검사용 로봇 비전 시스템을 설계하고 그 성능을 검증한다.

2. 자동검사를 위한 영상인식기술

2.1 영상 스레스홀딩

영상 스레스홀딩(Image Thresholding)은 그레이레벨(gray level)의 연속색조 (continuous-tone) 영상을 2진 레벨(binary level)의 흑백 영상으로 변환하는 기법이다. 지정된 스레스홀드(threshold) 아래의 픽셀(pixel)값은 모두 블랙(black)으로 변환되고, 스레드홀드에 있거나 그 위에 있는 픽셀

값은 화이트(white)로 변환된다. 영상 스톱스홀딩은 윤곽선 추출(edge detection)을 하기전에 수행하는 과정으로써, 윤곽선을 추출하는데 혼란을 초래할지도 모르는 정보를 제거하기 위해 이용되는 과정으로, 영상처리과정에서 가장 보편적으로 이용된다.

스레스홀드의 수식은 다음 식(1)과 같다.

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & f(x,y) \geq t \\ 0 & f(x,y) < t \end{cases} \quad (1)$$

여기서 F(X,Y)와 g(x,y)는 각각 영상처리전후의 (x,y)에 있는 화소의 농도값을, t는 경계값을 나타낸다. 본 연구에서 수행한 스톱스홀딩 흐름도는 Fig. 1과 같다.

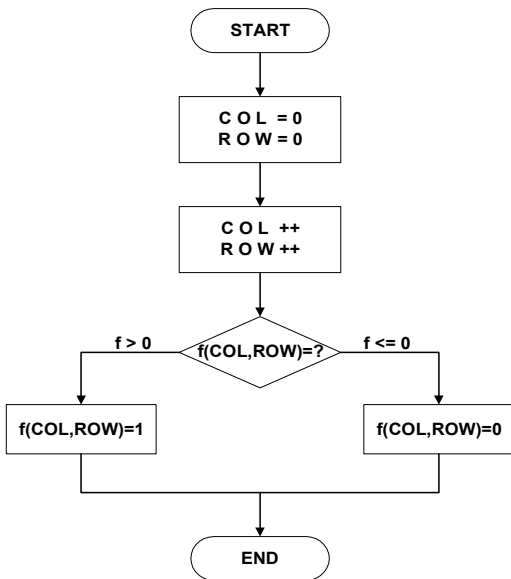


Fig. 1 Flowchart of threshold

2.2 영상분할

본 연구에서 영상분할은 스톱스홀딩에 의해 처리된 흑백영상의 색 정보를 이용하여 입력 영상에

서 인식에 필요한 제품의 형상이 있는 부분만을 추출하였다. 분할할 부분의 열(column)의 시작 부분을 찾는 알고리즘은 Fig. 2와 같고, 분할할 부분의 줄(row)의 시작 부분의 알고리즘은 그림 Fig. 2를 기본으로 두 군데를 수정하면 된다. 즉, 임의의 열(column)과 다음 열의 비교 대신 열의 위치는 같고 임의의 줄(row)과 다음 줄에 위치한 픽셀과의 부분과, Min x 대신 Min y를 구하면 된다.

다음 흐름도는 분할할 부분의 열(column)의 끝 부분 위치를 찾는 흐름도인데, 줄(row)의 끝 부분을 찾는 방법은 Fig. 3에서 임의의 열과 그 앞의 열의 비교 대신 임의의 줄과 그 앞 줄을 비교하고, Max x 대신 Max y를 구하면 된다.

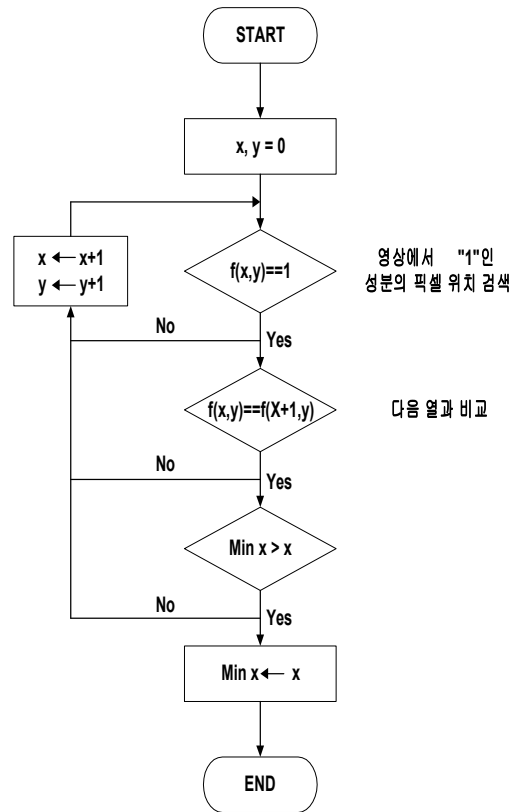


Fig. 2. Flowchart of Initial Column for segment region

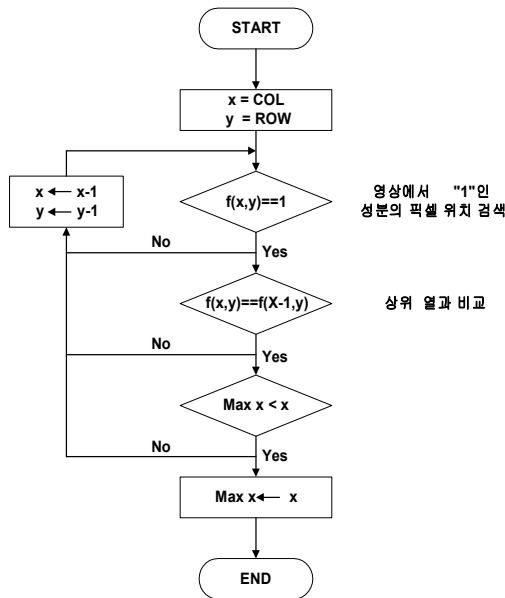


Fig. 3. Flowchart to find the end column for segment region

2.3 윤곽선 추출

윤곽선을 추출하는 알고리즘은 미분 연산에 의한 기법과 마스크(mask)와 정합(matching)에 의한 기법 등이 있는데, 본 연구에서는 사용하는 패턴의 윤곽선을 추출하는 알고리즘은 영상 스레시홀(Image threshold)를 통한 평활화 과정을 거쳐 2진값으로 변환시킨 후 윤곽선 추출 작업을 수행하였다.

본 연구에서 수행한 알고리즘은 한 번의 스캔으로 상·하좌우 4방향 윤곽선을 추출한다. 스캔하면서 임의의 픽셀과 그 다음 스캔되는 픽셀과 비교하여 변화가 생기면 그 정보에 의해 윤곽선을 추출한다. 또한 잡음에 민감하게 반응하지 않도록 알고리즘이 설계되어 있기 때문에 잡음 제거과정의 전처리 단계를 거치지 않고 스레시홀드 과정을 수행한 후 윤곽선 추출 과정을 수행하였다. 본 알고리즘의 윤곽선 추출 흐름도는 Fig. 4와 같다.

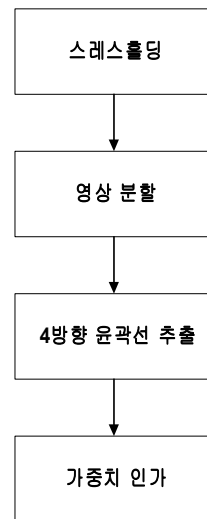


Fig. 4. Flowchart of edge detection

2.4 특징값 추출

입력된 영상의 패턴을 인식하기 위하여 가중치(weight value)가 인가된 매트릭스(matrix)를 통해 입력된 영상에서 추출된 윤곽선과 정합(matching)시켜 영상의 특징값을 결정한다. 패턴 영상의 테이타 분포에 따라 매트릭스의 가중치 인가 방법을 조절한다. 가중치인가 방법에 따라 특징값이 민감하게 변화하기 때문에 가장 안정적인 특징값을 추출하기 위하여 많은 모의 실험이 필요하다.

본 연구에서 제안한 가중치 인가방법은 주어진 형상의 데이터를 분석하여 볼 때 데이터의 분포가 주로 중앙에 밀집하여 있기 때문에 가중치의 값도 중앙에 비중을 두어 인가하였다.

인식기법 개발은 통계적 방법을 이용하여 오프라인 마킹인식을 수행할 경우, 인식 대상 캐릭터가 많은 경우에는 방대한 계산량으로 처리 속도가 느린 단점이 있다. 이를 개선하기 위해 인식과정을 기능적으로 분리한 후, 각 단계를 하드웨어로 구현하여 파이프라인 처리가 되도록 구성함으로써

고속의 문자인식기의 구현이 가능하다. 이러한 단계 중 대분류 과정을 고속 처리할 수 있도록 다수의 디지털 신호처리용 프로세서(DSP)를 이용하여 병렬구조로 구현한다.

2.5 소프트웨어의 구성

실제 시스템에서 마스터 프로세서와 슬레이브 프로세서간의 데이터 통신은 마스터 프로세서와 슬레이브 프로세서간의 데이터 프로세서와 슬레이브 프로세서간의 데이터 통신은 마스터 프로세서가 주관하여 순차적으로 이루어진다.

- 1) 호스트 컴퓨터에서 마스터 DSP의 프로그램과 표준 데이터를 전송하면 마스터 DSP에서는 내부의 RAM 영역에서는 프로그램을, 외부의 SRAM 영역에는 표준 데이터를 저장
- 2) 마스터 DSP는 자신의 프로그램과 데이터의 다운로드 완료 후 병렬로 접속된 다른 슬레이브 DSP's에 순차적으로 호스트로부터 프로그램과 데이터를 전송받아 download를 수행
- 3) 모든 DSP's의 프로그램과 데이터의 전송이 완료되면 마스터 DSP는 특징 추출의 완료를 알리는 flag 를 확인한 후 특징벡터를 읽어서, 자신을 포함한 전 슬레이브 프로세서로 순차적으로 전송
- 4) 모든 프로세서는 특징벡터를 이용하여 표준 데이터베이스와 식(4)에 의거하여 유클리드 거리를 계산한다.
- 5) DSP의 병렬 operations과 loop counter의 zero overhead를 이용하여 고속연산이 가능

3. 형상인식 비전 시스템 특징

비전 소프트웨어는 호스트 컴퓨터의 운영체제(Operation System)하에서 동작하며, 호스트 컴퓨터의 한 어플리케이션 소프트웨어로 작동한다. 그러므로, 본 연구에서 적용한 Matrox Meteor-II 영상처리보드는 여러 기능을 가지고 있는 시스템의 한 모듈로서 응용될 수 있기 때문에 시스템 인테그레이션에 의한 특정용도의 시스템 개발이 편리하도록 설계되었다.

렌즈 검사용 비전 시스템의 주요 구성요소는 카메라, 렌즈, 비전 모니터, 조명, 영상처리보드, 검사용 비전 알고리즘, Host Computer, 제어기 그리고, 검사다이 및 Frame, 제반 주변 TOOL 등으로 구성된다. 아래의 Fig. 7는 PC 기반 렌즈 검사용 비전시스템(Vision System)의 기본 구성도를 나타내고 있다. Fig. 8은 개발된 렌즈 양불량 검사 시스템의 비전 알고리즘을 나타내고 있다.

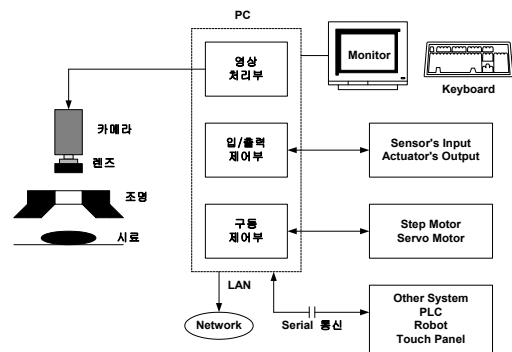


Fig. 5. Structure of vision system based PC

개발된 시스템의 주요 특성 및 기능은 다음과 같다.

- ① Vision System은 Hardware 장치와 검사용 Software Program으로 구성된다.
- ② 부품 표면 Scratch 검사용 Vision Program

은 표면 불량 Scratch 정도의 기준사양 조건을 직접 입력하여 기준 영상 데이터로 설정하여 놓고, 실제 측정 영상 데이터와 기준 영상 데이터를 상호 비교하여 그 오차를 계산한 후 일정 범위 이내의 오차는 정상제품으로 일정 오차 이상의 제품을 불량제품으로 판별하는 기능 보유.

- ③ 본 검사 시스템은 최소 1Pixel 단위까지 측정 가능함.(1Pixel은 $3.7\mu\text{m} \times 3.7 (0.1369 \times 10^{-4}\text{mm}^2)$)
- ④ 개발된 검사용 Vision System은 조도 검사, Ball (Lens) Roundness 검사, Damage Ball(Lens) 검사, Wrong Size Ball(Lens) 검사, Missing Ball(Lens) 검사, Extra Ball(Lens) 검사 등 부품의 가공정밀도 측정이 가능함.

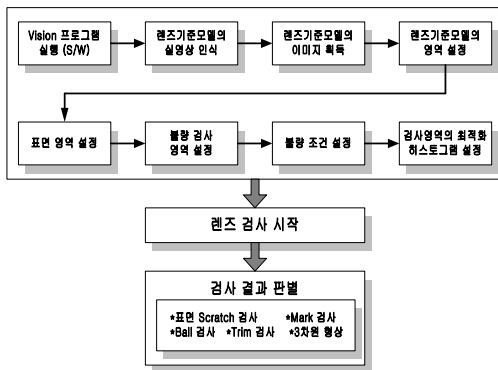


Fig. 6. Vision algorithm for inspection of lens surface scratch

4. 형상인식 비전 시스템 특징

300개의 다양한 형상을 배열한 후 형상인식을 수행함

: 인식 결과에 따라 양/불량으로 분류함

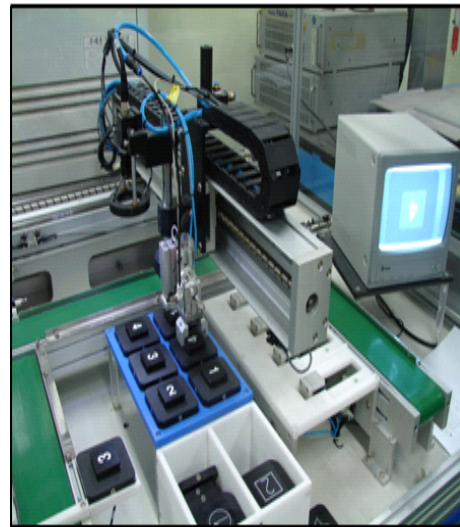


Fig. 7. The scene of experiments

부품 번호	형상 인식 부품 종류	패턴인식 횟수	부품 번호	형상 인식 부품 종류	패턴인식 횟수
1		2, 4, 8,10회	8		2, 4, 8,10회
2		2, 4, 8,10회	9		2, 4, 8,10회
3		2, 4, 8,10회	10		2, 4, 8,10회
4		2, 4, 8,10회	11		2, 4, 8,10회
5		2, 4, 8,10회	12		2, 4, 8,10회
6		2, 4, 8,10회	13		2, 4, 8,10회
7		2, 4, 8,10회	14		2, 4, 8,10회

Fig. 8 The experimental model for parts shape recognition

Table. 1 The number of image recognition test results

부품번호	패턴인식 횟수	인식결과	구분	패턴인식 횟수	인식결과
1	2회	OK(2회)	16	2회	OK(2회)
2	2회	OK(2회)	17	2회	OK(2회)
3	2회	OK(2회)	18	2회	OK(2회)
4	2회	OK(2회)	19	2회	OK(2회)
5	2회	OK(2회)	20	2회	OK(2회)
6	2회	OK(2회)	21	2회	OK(2회)
7	2회	OK(2회)	22	2회	OK(2회)
8	2회	OK(2회)	23	2회	OK(2회)
9	2회	OK(2회)	24	2회	OK(2회)
10	2회	OK(2회)	25	2회	OK(2회)
11	2회	OK(2회)	26	2회	OK(2회)
12	2회	OK(2회)	27	2회	OK(2회)
13	2회	OK(2회)	28	2회	OK(2회)
14	2회	OK(2회)	29	2회	OK(2회)
15	2회	OK(2회)	30	2회	OK(2회)
			전체 인식 성공률	100%	

5. 결론

본 연구에서는 기계 가공부품의 형상 및 표면 상태 등을 자동으로 검사하기 위한 로봇 비전 기술개발에 관한 연구를 수행하였다.

본 연구에서 제시된 비전 알고리즘은 실제 영상 취득 시 렌즈, 카메라, 디지털화 등에서 존재하는 노이즈 등을 제거하기 위해 카메라 보정기법을 사용하여 산업현장에서 로봇 비전 시스템을 이용하여 실시간으로 부품의 현상을 인식과 검사를 수행할 수 있는 실용화 방향을 제시하였다. 그리고 영상처리 알고리즘의 실시간 구현을 위하여 단순 사이클 교시 실행 시간이 60-ns인 TI사의 고속 디지털 신호 처리기인 TMS320C31 칩을 CPU로 사용하여 영상처리전용 하드웨어를 구성하여

실험에 사용하여 부품의 외형 상태를 비롯하여, 양불량 판정을 수행하였고 표면 불량 정도의 기준 사양 조건을 직접 입력하여 기준 영상 데이터로 설정하여 놓고, 실제 측정 영상 데이터와 기준 영상 데이터를 상호 비교하여 그 오차를 계산한 후 일정 범위 이내의 오차는 정상제품으로 일정 오차 이상의 제품을 불량제품으로 판별하도록 설계하였다. 개발된 시스템은 최소 1 픽셀 단위까지 측정이 가능한데 그 정밀도는 최소 10~4mm까지 정밀하게 측정이 가능하며, 실험을 통하여 성능 검증 및 신뢰성을 입증하였다.

참고문헌

- [1] G. C. Burdea, Invited review: "The Synergy between Virtual Reality and Robotics," IEEE Trans. Robotics and Automation, Vol. 15, no. 3, pp. 400-410, 1999.
- [2] Bart Kosko, "Neural Networks for signal processing", Prentice-Hall International, Inc., New Jersey, 1992.
- [3] B. Espiau, "Sensor and Sensory Systems for Advanced Robots; An Overview of Local Environment Sensing in Robotics Application". Spinger Verlag, pp. 125-151, 1988.
- [4] Sung Hyun Han, Man Hyung Lee and Hideki Hashimoto, "Image-Based Servoing Control of a SCARA Robot," KSME International Journal, Vol. 14, No. 7, pp. 782~788, 2000.
- [5] K. Hashimoto, T. Ebine and K. Kimura, "Visual Servoing with Hand-Eye Manipulator-Optimal Control Approach," IEEE Trans. on Robotics and Automation, vol. 12, no. 5, pp. 766~774, 1996
- [6] G. C. Burdea, Invited review: "The Synergy between Virtual Reality and Robotics," IEEE

- Trans. Robotics and Automation, vol. 15, no. 3, pp. 400-410, 1999.
- [7] B. D. Etter and M, R, Duck, "Automated Grasping Aided by Optoelectronic Sensor", IEEE Journal on Robotics and Automation, Feb. 1990.
- [8] N. Hogan, "Stable Execution of Contact Tasks Using Impedance Control," Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation. pp. 595-601, Raleigh NC, March, 1987.
- [9] Markhlin, "Robot Control and Inspection by Multiple Camera Vision", 11th ISIR, pp.121-128, 1981.
- [10] 왕한홍, “부품 형상인식 및 자동 검사용 로봇 비전 시스템”, 1997.6
- [11] Hitachi, "Vision System of an Automatic Inserter for PCB Assembly," Proc. of the 2nd International Conf, pp.63-72, Nov. 1982.
- [12] 정동연, “광학부품 생산공정 자동화를 위한 지능형 로봇 비전 시스템 설계”, 2004.
- [13] Sung Hyun Han, Man Hyung Lee and Hideki Hashimoto "Image-Based Servoing Control of a SCARA Robot," KSME International Journal, Vol. 14, No. 7, pp. 782~788, 2000.