

비전을 이용한 펀칭위치 제어 시스템

이성철[†](전북대), 이영춘^{*}((주)한국SMK), 심기중^{**}(전북대 원)

Punching Position Control by Vision System

Seong-Cheol Lee(Chonbuk National Univ.), Young-Choon Lee(SMK Korea Co.),
and Ki-Joung Sim(Graduate School, Chonbuk National Univ.)

ABSTRACT

This paper is about the development of Automatic FPC punching instrument. FPC(flexible printed circuit) is used to detect the contact position of K/B and button like a cellular phone. Depending on the quality of the printed ink and position of reference punching point to the FPC, the resistance and current are varied to the malfunctioning values. The size of reference punching point is 2mm and the above. Because the punching operation is done manually, the accuracy of the punching degree is varied with operator's condition. Recently, The punching accuracy has deteriorated severely to the 2mm punching reference hall so that assembly of the K/B has hardly done. To improve this manual punching operation to the FPC, automatic FPC punching system is introduced. Precise mechanical parts like a 5-step stepping motor and ball screw mechanism are designed and tested and low cost PC camera is used for the sake of cost down instead of using high quality vision systems for the FA. Test algorithm shows good results to the designed automatic punching system.

Key Words : FPC (Flexible printed circuit), Stepping motor(스텝 모터), Web camera(웹 카메라), Lighting system(조명 시스템), Punching machine(펀칭기), Position control(위치제어)

1. 서론

현재 보급되어 있는 대부분의 컴퓨터 키보드는 FPC(flexible printed circuit)의 특수한 필름식 접점 스위치가 삽입되어 있다. 즉, 사용자가 키보드를 누르면 키탑(key top) 하단부의 접촉점이 필름식 접점 스위치를 누르게 되어 PS/2 통신에 의한 데이터 전달이 이루어진다. 따라서 FPC 필름은 데이터 전달에 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 FPC를 제작하는 과정은 쉬운 일이 아니며, 그 중에서도 가장 어려움을 겪고 있는 공정 중의 하나가 FPC의 상하 필름을 합체하는 공정으로, 이 합체공정 전에 기준점이 표시된 부분을 수동으로 펀칭하는 과정에서 펀칭의 정확도와 제품의 균일성을 보장할 수 없게 된다. 현재 국내는 비교적 가격이 저렴한 공압을 이용하여 동작하는 수동 펀칭기가 보편적으로 사용되고 있으며, 작업자의 감에 의한 펀칭으로 정밀도에서 편차를 보이고 있기 때문에, 제품의 품질 향상에 많은 제한을 받고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 비전시스템^{1,4}을 사용하여 펀칭위치를 계산하고 제어하는 시스템 개발에 목적이 있다. 비전에 의한 자동 펀칭기를 구성하기 위해서는 여러 구동부별 모놀화가 필요하며, 이는 대략적으로 볼 때 비전시스템부, X-Y 위치 이동부, 펀칭동작부의 3부분으로 구성된다. 비전시스템부는 FPC의 펀칭 위치를 확인하는 센서 역할을 하며, X-Y 위치 이동부는 비전에서 검출된 위치정보를 이용하여 원점과의 보정 값만큼 X-Y축으로 이동하는 부분이다. 한편, 이러한 위치 보정이 완료된 후 펀칭 동작부에 의한 펀칭 작업이 이루어지도록 구성하고 있다.

연구 내용은 비전 시스템부와 X-Y 이동부에 대한 설계와 인터페이스회로를 구성하고 상호 연계하여 동작토록 프로그래밍 하였다. 펀칭할 FPC 필름의 목표 두께 범위는 0.5~5 mm로 설계하였으며, 이를 위한 구동부와 위치보정 시스템을 설계하였다. 비전용 카메라는 일반적으로 많이 보급된 웹 카메라(USB 1.0, 15frame/sec, 30만 화소)를 사용함으로

써, 개발 제품의 원가절감을 추구하였고, 카메라 구동용 프로그램은 Visual C++를 사용하였다.⁵⁻⁶ 화면의 저장과 위치 값을 위한 정보를 구하기 위하여 카메라 제작회사의 디바이스 드라이버를 이용하여 프로그램 하였고, 카메라 자체의 화이트 밸런스 및 명암을 소프트웨어로 조절할 수 있도록 하였다. 한편, 카메라의 위치 정보를 스텝모터(SPL42T2-05, 0.72deg/step)에 전달하기 위해 RS232C(9,600bps) 통신방식을 채택하였으며, PC(펜티엄4, 2GHz)와 AVR 마이크로프로세서와의 통신으로 스텝모터를 제어하였다. 작업 속도를 높이기 위하여 스텝모터의 가감속 제어를 실시하고, 최적의 운동특성을 구하였으며, 작업물의 하중을 견디기 위한 안전 설계를 실시하였다.

결과적으로 비전을 이용한 자동펀칭 시스템을 개발하기 위한 과정으로 비전부와 X-Y이송부의 설계 및 인터페이스를 구성하고, 최적의 작업시간(tack-time)을 얻기 위한 프로그램 구성 및 모터 가감속 프로그램을 실시한 결과, 목표 작업시간 1.5 초 범위 내에 충분히 근접되고 있음을 확인할 수 있었으며, 본 시스템의 설계와 프로그램을 현장에도 적용이 가능함을 알 수 있었다.

2. 영상처리

공장자동화를 구성하는 대분의 영상 시스템은 아날로그카메라를 이용하고 있다. 속도가 빠르다는 장점과 입력된 영상 데이터를 프레임 그래버(frame grabber)인 A/D 변환보드를 통해 컴퓨터로 전송하여 각종의 유저가 원하는 프로그램으로 개발할 수 있도록 풍부한 DLL 및 Active X를 제공하고 있으나 고가라는 단점이 있다.

본 연구에서는 원가 절감을 위해서 주위에서 쉽게 구입할 수 있는 저가의 디지털 웹 카메라를 사용하였으며, 제조사의 디바이스 드라이버를 이용하여 영상처리 알고리즘을 구성하였다. 한편, 개발 프로그램은 처리속도에서 탁월한 성능을 보이고 있는 Visual C++를 사용하였다. 한편, 펀칭 작업의 최적조건을 위해 영상 해상도는 480×640 픽셀의 칼라영상을 구성했다. 비교할 영상은 BMP 파일로 저장되며, 영상이치화(binanzation)와 곱셈연산(식 1)을 통하여 포인트 처리를 수행하였으며, 최종적으로 연산된 이미지에 스톱쉬홀드(threshold) 값을 적용하여 조명 시스템의 특성에 맞추었다.⁷⁻⁸

$$OutImg[x][y] = InImg[x][y] \times C \quad (1)$$

여기서, $InImg[x][y]$: 원본영상

$OutImg[x][y]$: 출력영상,
 C : 상수값(0-255),
 x : x축 픽셀 수,
 y : y축 픽셀 수

이다.

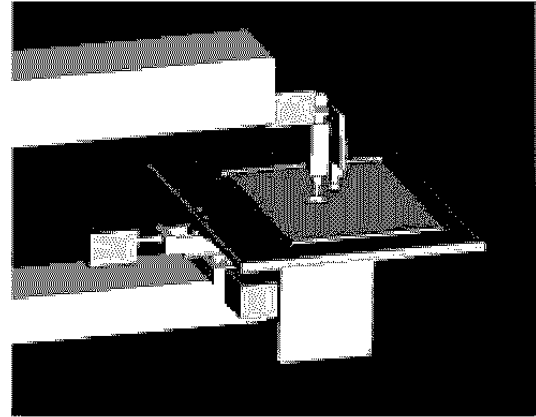


Fig.1 The 3D model of vision punching system to be developed

3. 실험장치 및 결과

Fig. 1 - 본 연구에서 최종 목표로 하는 자동 비전 펀칭시스템의 3D 모델이다. 크게 비전 시스템부, X-Y 이송부, 펀칭부로 3-분으로 구성된다. X-Y 위치 이동부에 대한 장치구성도가 Fig. 2 | 구성되어 있으며, 이에 대한 제어 흐름도는 Fig. 3 | 같이 구성된다. Table 1 - 실험에 사용된 구성요소들에 대한 규격이다

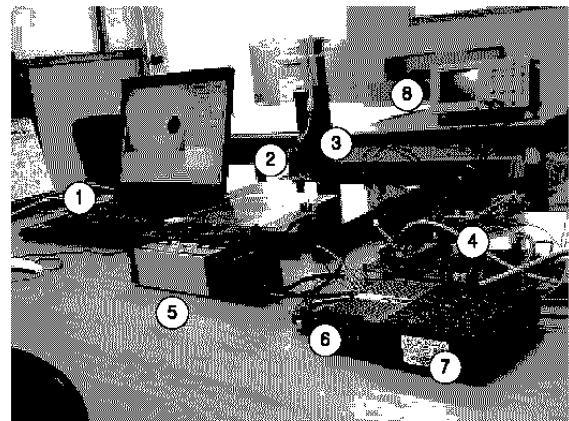


Fig.2 Experimental system : ① notebook computer, ② web camera, ③ light system, ④ microprocessor ⑤ translation moving system, ⑥ step motor driver, ⑦ power supply, ⑧ digital oscilloscope

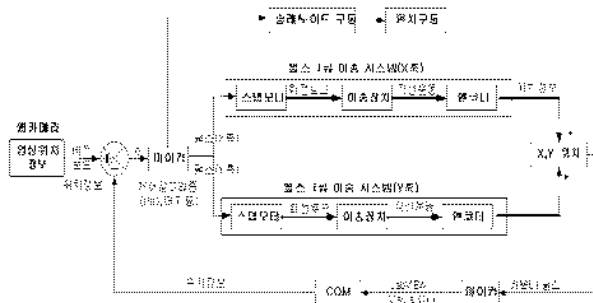


Fig. 3 Block diagram of vision punching system

Table 3 Specification of experiment system

No	Part Name	Specification
1	N/B PC	-Pentium 4, 2Ghz, Win XP
2	Web Camera	-USB PC type -1/3" CMOS sensor -648×488 -F2.8, f=8.0mm -VGA:15f/sec
3	Microprocessor	-ATmega128 -Clock speed: 16Mhz
4	Light	-LED(5V): white
5	Translation Moving Slider	-SPL42 -Max. Speed: 24mm/s -Max. Load: 5kg -Resolution: 0.004mm -Lead: 2mm -Stepping type: 24V input

3.1 X-Y 위치 이동부

X-Y 위치 이동부는 영상 입력에 의한 펀칭위치 오차 값이 마이크로프로세서를 통하여 PC의 영상 프로그램과 데이터 통신하며, 여기서 보상된 펀치 값 만큼 X-Y 각 축의 이송테이블을 이송시키도록 하였다. 이송 테이블의 목표 사양은 크게 2가지로 구분되며, 첫째는 가능한 속도가 빨라야 하고, 다른 하나는 분해능이 좋아야 한다. 즉, 목표속도 20 mm/sec와 분해능 0.004 mm 정도를 만족해야 목표로 하는 작업시간인 1.5초 내에서 완료될 수 있다. 이러한 요건을 충족하는 사양이 선정되었고 Table 1에 타나내고 있다. 이 요건을 최적의 상황으로 운전하기 위한 가감속 운전선도는 Fig. 4와 같이 주어진다.

$$\text{동작펄스수(PULSE)} = \frac{\text{이동량(mm)}}{\text{분해능(mm/step)}} \quad (2)$$

$$So(\text{Hz}) = \frac{\text{동작펄스수(Pulse)} - Ss(\text{Hz}) \times Ta(\text{s})}{Tt(\text{s}) - Ta(\text{s})} \quad (3)$$

여기서,

So : 운전펄스 속도,
Ss : 기동펄스 속도,
Ta : 가속 시간,
Tt : 위치 결정 시간

이며, (2) (3) : 스텝핑 모터를 구동하기 위한 동작 펄스수와 운전 펄스속도를 나타낸다. 본 실험에서는 6kgf, 운전 펄스속도는 5kHz, 가속 시간을 최대한 작게 하였다.

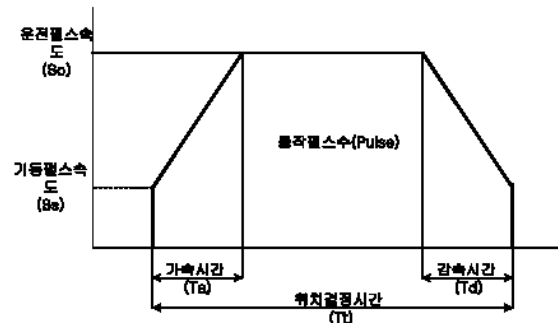


Fig.4 Pulse pattern for accelerating and decelerating stepping motor

3.2 비전 시스템부 및 결과

Fig. 5는 본 실험에 적용한 POS용 키보드의 FPC이다. 그림에서와 같이, 기준이 되는 펀칭구멍 크기는 각각 2mm와 3mm이며 근접 프린트되어 있다. Fig. 6은 Fig.5의 FPC를 카메라 동작영역 위에 올려놓은 상태로 영상 화면을 얻기 위한 카메라 및 조명 시스템을 보이고 있다. 저가의 웹 카메라 사용과 자체 제작한 LED 조명 시스템을 이용하였다. 투명한 FPC의 경우에는 외부의 빛 영향을 받지 않도록 하기 위해 백라이트 방식으로 설계하였고, 비투명 FPC에 대하여는 상 방향에서 조명할 수 있도록 하였다.

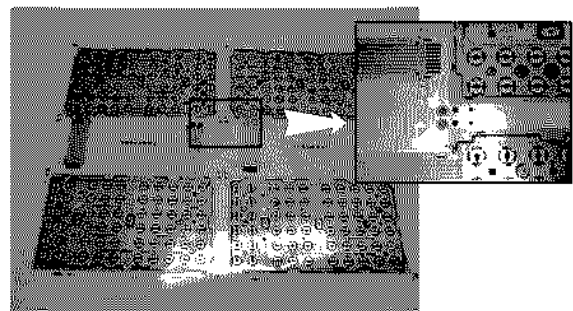


Fig.5 Photo of FPC(flexible printed circuit, 60Key)

영상처리 프로그램은 Visual C++를 이용하였고, 카메라의 장치관리자를 불러서 저장하는 단계는 MFC의 제공함수를 이용하였다. 펀칭위치의 실시간

계산 및 통신을 위해 그래픽 처리를 단순화하였으며, 앞 절에서 설명한 영상처리 알고리즘을 구성하여 펀칭위치를 계산하였다.

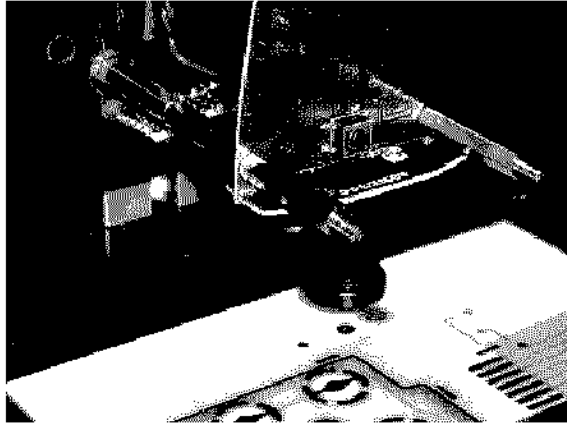


Fig.6 FPC setting position to the camera to detect the center of circle

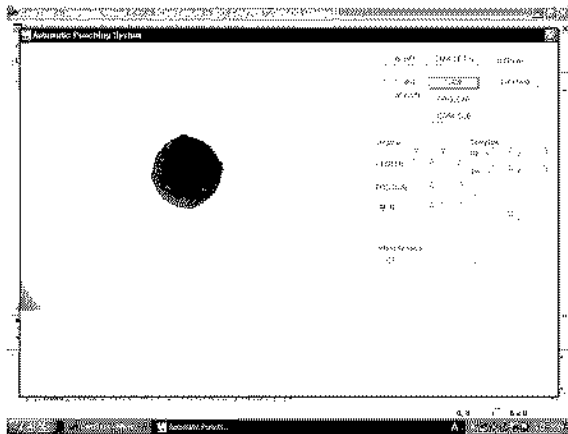


Fig.7 Control panel for automatic punching machine

Fig. 7은 개발된 주 제어패널로 2mm 펀칭 구멍을 도시하고 있다. 카메라 렌즈의 초점거리는 8mm를 선택하여 기존의 6mm 렌즈보다 다소 확대된 영상을 얻을 수 있도록 하여, 카메라와 기준펀칭 구멍과의 거리는 8mm로 설정하였다. 검사화면은 480×640의 해상도로 설정하였으며, 실제 검사영역은 460×460의 범위 안에서 기준 구멍의 위치를 추적하고 계산할 수 있도록 하였다. 한편, 계산된 기준 구멍의 편차 값은 AVR 마이크로프로세서(ATmega128)와 RS232C 통신을 하여 스테핑 모터를 제어한다. 여기서 제어 통신상태 및 제어 값은 정확하게 이동을 하였으며, 펀칭하기 위한 최대 이송위치까지의 이송 시간도 기준 목표시간인 1.5초 이내로 주어진 조건에 만족되고 있음을 알 수 있었다.

4. 결론

비전시스템을 사용하여 자동으로 펀칭위치를 제어하는 시스템을 개발하기 위해, 비전 시스템부와 X-Y 이동부에 대한 설계와 인터페이스회로를 구성하고, 상호 연계하여 동작토록 프로그램을 구성하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 저가의 웹 카메라가 해상도 및 처리속도가 개발 목표로 한 작업시간 1.5초 내를 충족하고 있어 원가절감이 가능함을 확인하였다.
2. 영상처리 프로그램과 스테핑모터와의 인터페이스를 담당한 AVR 마이크로프로세서(ATmega128)의 RS232C 통신방식이 시스템 속도를 만족시키고 이에 적용할 수가 있다.
3. 투명한 FPC에 대한 조명시스템은 LED를 이용한 백라이트 방식이 적절함을 알 수 있었다.

향후 연구로는 펀칭 시스템부의 설계와 영상처리부의 기준펀칭 구멍의 직경 계산과 펀칭영상을 추출하는 프로그램 개발이 요구된다.

후기

본 논문은 한국과학재단지정 전라북도지원 전북대학교 메카트로닉스연구센터(MRC) 지원으로 이루어진 연구의 일부입니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Lee, Hyeong-Geun and Lee, Moon-Kyu, "An Automated Machine-Vision-based Feeding System for Engine Mount Parts," J. of the KSPE, Vol. 18, No. 5, pp. 177-185, 2001.
2. Lee, Chang-Hee and Cho, Teak-Dong, "A Study on the End Mill Wear Detection by the Pattern Recognition Method in the Machine Vision," J. of the KSPE, Vol. 20, No. 4, pp. 223-229, 2003.
3. Han, S. H., "Vision System Design for Automated Test and Repair of Steam Generator Holes in Nuclear Power Plants," J. of the KSPE, Vol. 15, No. 6, pp. 5-14, 1998.
4. Shin, S. W. and Ahn, D. S., "Transfer Deburring Skills to Robot using Vision System," J. of the KSPE, Vol. 15, No. 9, pp. 93-100, 1998.
5. 이상엽, "Visual C++ Programming Bible," Ver. 6.x, 영진출판사.
6. 김상형, "Windows Application Programming Interface API 정복," 가남사.