

## 터치패널과 LCD 모듈 접착면 분리용 장비 개발

왕문평\*, 박경석\*\*,#, 신동원\*\*

\* 금오공과대학교 기계시스템공학과 대학원, \*\*금오공과대학교 기계시스템공학과

### Development of Device for the Separation between Touch Panel and LCD Module

Wenping Wang\*, Kyoungseok Park\*\*,#, Dongwon Shin\*\*

\* Graduate School, Kumoh National Univ., \*\* Department of Mechanical System Engineering, Kumoh National Univ.

(Received 7 August 2014; received in revised form 9 February 2015; accepted 2 April 2015)

#### ABSTRACT

Recently, mobile phones have become necessary tools for everyday life. In this study, a device that can serve as a separation between a touch panel and an LCD module in a mobile phone was devised for mass repair processes at a small business. We used a wire cutting method to separate the bonding plate area between the modules. The device is composed of DC motors and stepping motors that can deliver a precise cutting motion. The motor control system is connected by individual control modules to a CAN network. The developed device showed excellent performance at high temperature conditions.

**Key Words** : Mobile Phone(휴대폰), Repairing Process(수리 공정), Wire Cutting(와이어 커팅), Plate separation(접착면 분리) CAN Network Control(컨트롤러 제어)

#### 1. 서 론

현재 스마트폰은 휴대 전화의 기능을 넘어서 일상생활에서 현대인의 필수품이 되어있다. 하지만 터치 입력과 디스플레이 기능이 합쳐진 스마트폰은 취급 부주의에 의해 액정화면(LCD)을 보호하고 있는 강화 유리의 파손이 종종 발생할 수 있다. 또한 양산공정에서 조립 완성 후에도 공정 조건에 의해 불량 발생 수도 있다. 이러한 유리 파손이나 사소한 불량에 대해 스마트폰이 상당히

고가인 이유로 인해 수리 수요가 커지고 있는 상황이다.

그런데 스마트폰의 수리를 어렵게 하는 문제가 하나 있는데, 그것은 바로 분해 과정이다. 즉, 스마트폰의 터치스크린패널(TSP)과 액정화면(LCD) 모듈은 투명 접착제로 접착되어 있는데, 접착면의 두께가 매우 얇아서 인력으로 간단히 분리하는 것이 쉽지 않다는 것이다. 터치스크린 패널(TSP)과 디스플레이용 액정화면(LCD)모듈 중에서 파손이나 불량은 터치스크린 패널이 부착된 저가의 강화 유리가 대부분인 반면에 상대적으로 고가의 액정부는 파손율이 낮아서 대부분 재사용이 가능하다. 그러므로 수리 과정을 거치더라도 액정화면이 파

# Corresponding Author : [spark@kumoh.ac.kr](mailto:spark@kumoh.ac.kr)  
Tel: +82-54-478-7322, Fax: +82-54-478-7319

손되지 않으면서 분리할 수 있는 방법이 수리 공정에 필수적이다.

본 연구는 시중에서 사용 중에 파손이 일어난 휴대폰을 수거하여 재사용을 위해 분리와 재조립을 전문으로 하는 중소기업에서 분리 효율성을 높이기 위해 장비의 개발을 요청하여 시작되었다. 따라서 중소기업에서 장비가격에 부담이 되지 않으며 동시에 작업 효율성이 높은 장비를 고안하는 것이 본 연구의 목적이다.

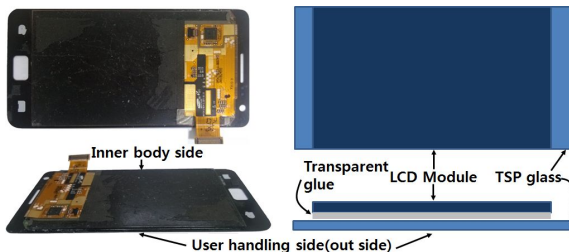
2장에서는 커팅원리와 장비의 구성, 3장에서는 커팅장비의 제어시스템, 4장에서는 실험, 5장에서는 결론에 대하여 언급한다.

## 2. 커팅 원리와 장비의 구성

### 2.1 터치패널과 액정화면(TSP/LCD)의 접합 구조와 커팅 원리

Fig. 1은 일반적인 스마트폰의 구조를 설명하기 위한 사진과 단면도를 간략히 그린 것이다. 스마트폰에서 사용자의 손가락 터치를 인지하는 터치스크린 센서는 Fig. 1 (b)에서 TSP glass라고 표시한 강화유리면에 투명 재질의 코팅형태로 부착되어 있다. 상단 모듈은 디스플레이용 액정화면인데, 중간에는 이 두 모듈을 결합시키기 위해 사용된 투명한 접착제가 박막형태로 자리하고 있다.

사용자는 아래면의 강화유리를 통해 액정화면을 보면서 터치 입력을 사용한다. 만일 강화유리에 손상이 있다면 거의 대부분 터치를 인지하는 패턴 회로에도 손상이 있을 것이므로 재사용은 거의 불가



(a) Photos of a real module (b) Schematic Diagram  
Fig. 1 Assembly of LCD module and TSP glass.

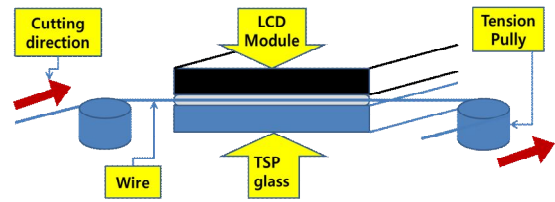


Fig. 2 The schematic diagram of module separation concept by wire cutting method in this research.

능하다. 따라서 강화유리가 파손된 경우 재사용이 가능한 부분은 상단 부분에 위치한 고가의 액정화면부분뿐이다. 그런데 이 액정화면을 재사용하려면 두 모듈 사이에 존재하는 두께 0.2mm 정도의 접착제를 효과적으로 제거할 수 있는지가 주요 관건이 된다.

본 연구에서는 Fig. 2에 나타난 그림과 같이 접착제 박막을 제거하기 위해 와이어를 이용하는 방법을 고려하였다. 와이어를 이용하여 재료를 커팅하는 가공방법은 여러 분야에서 널리 사용되고 있는 방법으로서 특별한 것은 아니다. 다만, 본 연구에서는 접착제 제거를 위한 장치 개발 측면과 이에 관련된 주요 파라미터에 대해서만 논의한다.

모듈 분리의 기본 원리는 Fig. 2에 나타난 바와 같이 접착제 얇은 막을 와이어로 제거하는 것인데, 단순히 와이어로 밀고 지나가는 것만으로는 접착제가 제거되지 않는다. 접착제는 점성이 높은 레진 종류로서 와이어가 지나가기 위해서는 상당히 큰 장력이 필요하며 설사 지나가더라도 재결합하는 현상으로 인해 분리가 쉽지 않은 것이 문제이다. 그런데 그림에서 좌우에 위치한 와인딩 풀리를 이용하여 와이어를 좌우로 이동하면서 동시에 커팅방향으로 직진하는 메카니즘이 유용하다는 것을 실험적으로 알아냈다. 이는 와이어를 좌우로 이동시킴으로써 접착제 일부를 와이어 표면에 묻혀 밖으로 배출하는 기능이 만들어져 직진 저항력을 감소시키는 동시에 재결합이 일어나지 않도록 할 수 있기 때문이다.

## 2.2 커팅 장비의 기구적 구성 요소

본 연구에서 실제 개발한 장비의 설명을 위해 전체적인 구성도를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서 ①부분은 분리해야 할 모듈이 움직이지 않도록 고정시키는 부분이다. 평면에 구멍이 촘촘히 가공되어 있는데, 이 구멍들은 아래쪽에서 진공 압력이 가해지도록 하여 터치패널이 있는 강화유리면을 바닥에 흡착시키는 역할을 한다.

또한 이 부분은 고정 역할뿐만 아니라 강화유리를 히팅하는 기능도 겸하고 있다. 이것은 강화유리면을 통해 전달되는 열이 접착제의 온도를 높여 점도를 낮출 수 있기 때문이다. 접착제의 점도가 낮아지면 와이어가 지나가는 데 방해되는 저항력이 그만큼 작아져서 분리 시간이 줄어드는 장점이 있다.

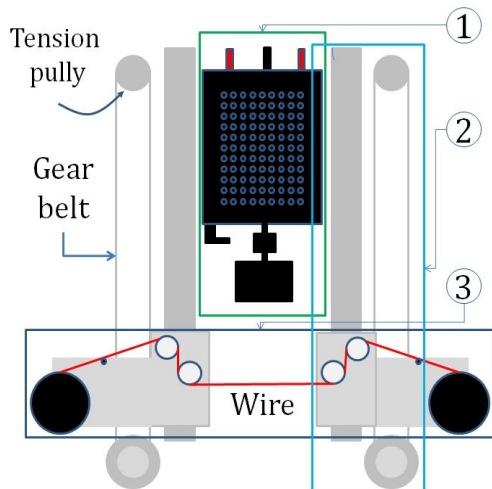


Fig. 3 Schematic diagram of wire cutting machine



Fig. 4 Photo of the grip and heating parts

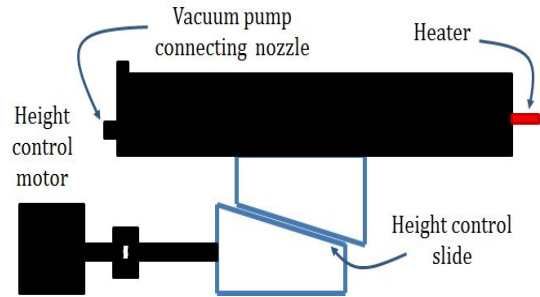


Fig. 5 Schematic diagram of the height control parts

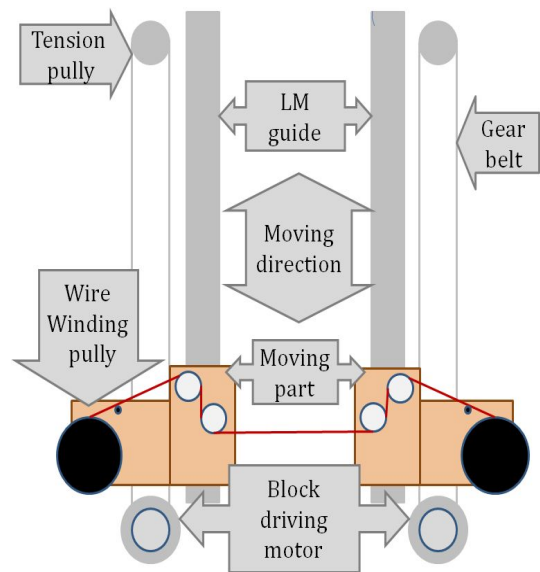


Fig. 6 Schematic diagram of the moving parts

Fig. 4는 고정부의 내부 구조를 보여 주고 있는데, 왼쪽 세로에 깊게 난 홈과 가로 방향으로 작은 홈들은 진공압을 전달하고 홈이 없는 평면들은 아래쪽에 있는 히터의 열을 전달하는 역할을 한다.

이 모듈 고정부는 Fig. 5에 나타낸 바와 같이 높이 조절 장치에 결합되어 있다. 휴대폰의 종류에 따라 강화유리의 두께가 다르므로 이에 따른 와이어의 상하 위치 조절 기능이 필요하기 때문이다. 본 연구에서는 와이어를 커팅면 위치에 맞추기 위

해 대상체를 위 아래로 움직이도록 설계하였다.

대상체가 놓인 고정부는 경사면에 슬라이딩할 수 있도록 되어 있고, 경사면의 높이는 스텝모터와 스크류 원리를 이용하여 모터 펄스 당 1 $\mu$ m 단위로 조절할 수 있도록 하였다.

Fig. 3에서 ②부분은 와이어를 커팅방향으로 이송하는 부분이다. 이 이송부는 좌측과 우측에 각각 하나씩 독립적으로 움직일 수 있도록 구성되어 있다. 와이어가 이동하면서 접착면을 커팅하게 될 때, 좌우가 한 번에 이동할 수도 있지만, 저항이 많이 걸리는 경우에는 좌우가 교대로 조금씩 움직이는 것이 더 유리할 수가 있기 때문이다.

Fig. 6에 부품들을 좀 더 자세히 설명하여 나타내었다. 이송부가 커팅방향으로 직진운동을 하도록 LM가이드를 사용하였고, DC모터를 이용하여 기어 벨트를 통해 동력을 전달한다. LM가이드 양쪽 끝단에는 리미트 스위치를 사용하여 한계를 넘어가지 않도록 하였다.

Fig. 3에서 ③부분은 와이어를 좌우로 이동시키는 부분인데, 와이어가 감겨있는 와인딩 풀리 역시 좌우에 하나씩 배치하였다. 와인딩 풀리 아래에 있는 좌우 DC모터는 풀리를 시계방향과 반시계방향으로 교대로 회전시키면서 와이어를 감았다 풀었다 반복하는데, 이 동작을 통해 와이어가 접착제 일부를 옆면으로 배출하는 기능을 가지도록 만들었다. 접착제 일부가 와이어에 묻어서 다시 안으로 들어가는 경우도 있으나 접착제 덩어리가 만들어져서 결국은 밖에서 바닥으로 떨어지도록 만든다.

직진운동과 와이어 좌우 이동 등의 복합적인 운동에 접착제의 점성이 작용하여 과도한 장력이 순간적으로 발생하는 경우, 이를 완화시켜 주기 위해 와이어 이동 경로 상에 스프링에 의해 텐션이 유지되는 버퍼 풀리를 두었다.

### 2.3 커팅 장비의 제어 시스템 구성

본 연구에서 실제 완성된 장비 사진과 제어 시스템의 구성도를 각각 Fig. 7과 Fig. 8에 나타내었다. Fig. 7에서 오른쪽 아래의 작은 사진은 장비의 외관에 설치된 제어 모듈을 확대한 것이다. Fig. 8은 각 기능을 담당하는 모터와 센서 등이 제어 모듈과 어

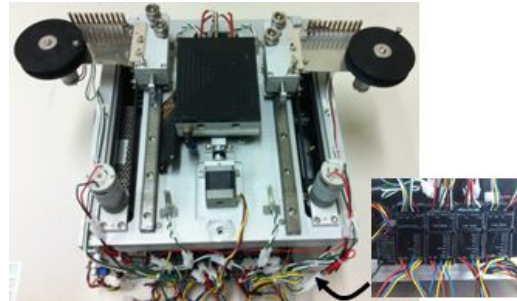


Fig. 7 Photos of developed device and control modules

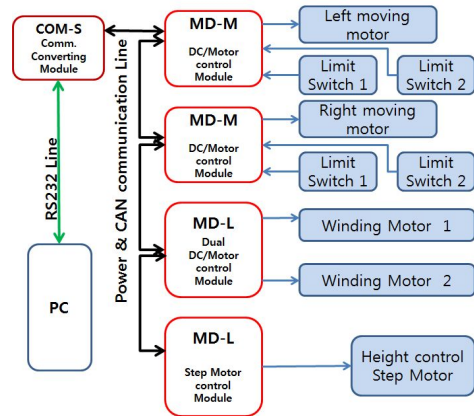


Fig. 8 Schematic diagram of control system

떻게 연결되어 있는 지를 간략히 보여준다.

각각의 제어모듈은 자체 개발한 모듈로서 마이크로컨트롤러가 내장되어 각각 독립적으로 동작하는데, 한 개 또는 두 개의 모터만을 전용으로 제어하도록 모듈화 되어 있다<sup>1-2)</sup>. 각각의 모듈은 고유 인식 번호를 가지고 있으므로 메인 컨트롤러가 통신 라인을 통해 각 고유 인식 번호에 개별적으로 동작 명령을 내려서 제어할 수 있다. 제어 모듈들과의 통신은 CAN(Controller Area Network) 통신방식을 통해 이루어지는데, 메인컨트롤러 역할을 하는 PC 자체에는 CAN 통신포트가 없으므로 RS232를 이용하고 중간에 RS232-CAN 통신 컨버터를 이용하였다.

이렇게 구성된 제어 시스템의 장점은 각 모듈별로 독립적으로 제어가 이루어지므로 프로그래밍이 매우 간단해진다는 것이다. 즉, 하나의 프로세서가

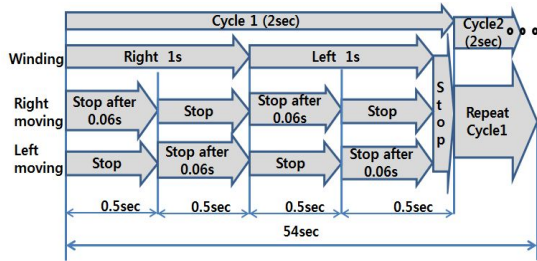


Fig. 9 Schematic diagram of program sequences

여러 개의 모터들을 세밀하게 관리하려면 소프트웨어적으로 다소 부담이 될 수 있지만, 이 시스템에서는 메인 컨트롤러에서는 타이밍에 맞춰서 모터 구동 내역만 관리하면 되기 때문이다.

장비가 최적의 상태에서 커팅이 이루어질 때 약 54초 정도의 시간이 소요되었는데, 이 과정은 2초 정도의 작은 사이클 동작이 지속적으로 반복하여 나온 것이다.

Fig. 9는 2초 단위의 작은 사이클 동작을 간단히 요약한 것으로서 타이밍에 맞춰 모터 3개의 동작을 병렬로 표시한 것이다. 와인딩 모터는 왼쪽으로 1초, 오른쪽으로 1초 정도 감는 동작을 수행하여 톱으로 나무를 자를 때와 유사한 동작이 만들어진다. 이와 동시에 양쪽의 직진 모터들은 와이어를 0.5초 시간 간격으로 교대로 조금씩 직진시킨다. 직진 거리는 와이어가 접착면을 파고 들어가는 깊이를 실험을 통해 확인하면서 장력이 과도하게 걸리지 않도록 결정하였다.

### 3. 실험 및 고찰

#### 3.1 와이어 테스트

Fig. 10은 장비에 사용될 가능성이 있는 몇 가지 종류의 와이어에 대해 테스트를 해 본 결과를 나타낸 그래프이다. 먼저 직경 0.2mm 이하가 되는 비금속 재료로서 강도가 있을 것으로 예상되는 폴리에틸렌(PE) 재질의 낚시줄을 이용하여 테스트해 보았다.

Fig. 10에서 것처럼 일단은 최대 토크까지 장력이 유지되는 것으로 나타났지만, 실제 장비에 걸

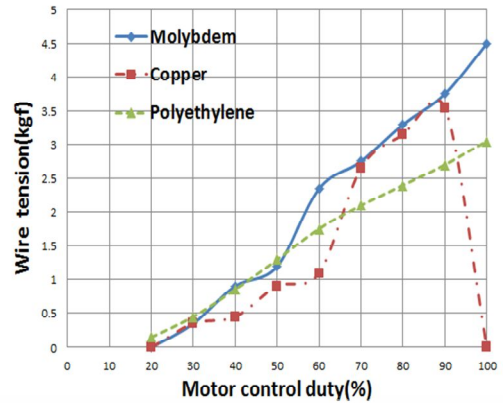


Fig. 10 Schematic diagram of program sequences

어서 사용을 해 보면, 줄이 견디지 못하고 늘어나면서 결국은 단선이 되는 것을 확인하였으므로 사용이 불가능하였다.

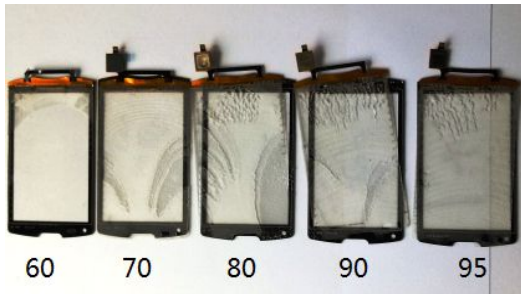
다음으로 구리선을 사용해 보았으나 역시 장력이 3.5 kgf 에서 견디지 못하고 끊어져 버렸다. 강선 재료로서 열선 등에 사용되는 몰리브덴 와이어를 테스트해 본 결과 최대 장력이 충분히 부하를 견디는 것으로 나타났으므로 이를 커팅용으로 선정하였다.

#### 3.2 히팅 온도에 따른 분리 속도

접합부의 접착제는 온도가 높아짐에 따라 점성이 낮아진다. 정확한 접착제 구성 성분과 그에 대한 데이터는 없으나 Table 1과 같이 온도에 따른 분리 시간을 측정해 보면, 그러한 경향을 알 수 있다.

Table 1 The result of measured separation time by several temperature conditions

Temperature(°C)	separation time(s)
60	---
70	135
80	65
90	54
95	52

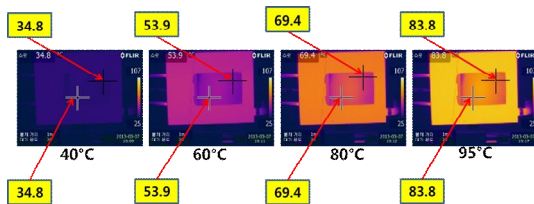


**Fig. 11 Photos of separated touch screen glasses by several temperature conditions**

알려진 바에 따르면 LCD 모듈이 정상 작동하는 온도는 최대 95℃이다. 또한 Table 1에 보는 것처럼 60℃ 이하에서는 접착제의 점도가 너무 강해 분리 작업을 할 수 없었다. 이 같은 이유로 인해 분리 작업은 최소 온도 60℃에서 최대 온도 95℃ 사이의 범위에서 수행하였다. 결과를 보면, 온도가 70~80℃ 에서 분리시간이 급격히 줄어들고 있으나 80℃ 이상에서는 온도에 따른 효과가 그리 크지 않음을 볼 수 있다.

Fig. 11은 분리된 터치스크린 패널 유리의 사진으로서 온도에 따른 차이를 보여준다. 온도가 높아질수록 접착제 성분의 이동에 따른 물결과 형태가 선명해 짐을 알 수 있다. 저온인 경우에는 상대적으로 유리에 근접한 부분으로 와이어가 지나감으로 인해 와이어의 이동 흔적이 깔끔한 것을 볼 수는 있었으나 분리에 상당한 시간이 필요함을 알 수 있었다.

### 3.3 정상상태 도달까지 온도 변동과 분포



**Fig. 12 Photos of temperature measuring by thermal image camera**

앞 절 결과에서 온도가 분리 시간에 중요한 파라미터로 파악되었으므로 Fig. 4에 보인 바와 같이 진공 흡착을 위해 사용한 진공 구멍들에 의한 온도 분포 영향에 대해 열화상 카메라를 이용하여 측정해 보았다. 장비의 온도 제어장치의 표시 온도를 기준으로 50℃ 부터 95℃ 까지를 측정한 결과를 Fig. 12에 나타내었는데, 가열된 흡착판 전체 온도는 면 전체에 걸쳐 균일하게 상승함을 확인할 수 있었다. 따라서 평판 온도의 비균일성에 따른 문제점은 없는 것으로 확인되었다.

### 3.3 LCD 모듈 동작 확인 검사

Fig. 13은 분리 속도가 가장 빠른 95℃ 조건에서 분리한 LCD모듈들에 대해 디스플레이 손상 여부를 테스트 해 보는 사진인데, 10개의 샘플에 대해 검사한 결과 모두 적합 판정을 받았다. 따라서 본 연구에서 개발한 장비가 실제로 사용되기에 적합함을 확인할 수 있었다.



**Fig. 13 Photos of the display function test of the separated LCD modules**

## 4. 결론

본 연구는 스마트폰의 불량 수리 공정용 장비 개발에 관한 것으로서 초박형으로 접착된 두 면을 분리하는 기술 개발이 주요 내용이다. 독자적 아이디어로 동작 메카니즘을 설계하고 메카트로닉스 제어 장치를 개발하였으며 개발 과정에서 가열 온도가 분리 시간에 주요한 파라미터임을 알 수 있었다.

그렇지만, 분리 과정에서 분리된 부분이 다시 재결합하는 문제, 분리 과정에서 외부로 밀어낸 접착제를 와이어에서 완전히 제거하는 방법 등에 관해서는 추후에 개선 연구가 필요한 것으로 판단된다.

## 후 기

“이 논문은 금오공과대학교학술연구비 지원에 의하여 수행되었음.”

## REFERENCES

- (1) Su-uk, Ryu., Kyoungseok, Park, “A Study of Bridge Connector Development on Wiring Harness Improvement in Vehicles”, J. of KSMPE, Vol.9-2, pp. 66~72, 2010.
- (2) Su-uk, Ryu., Kyoungseok, Park, “A Development of Control System for Agricultural Machinery by using Distributed Control”, J. of KSMPE, Vol.10-6, pp. 39~45, 2010.
- (3) Seunghoon Kim, Wootaik Lee, Myoungho Sunwoo, "A Co-simulation Toolbox for Distributed Real-Time Control System", KSAE vol.11. No.1, 2003
- (4) Kyoungseok Park, M.P. Wang, G.H. Kwon, “A wire cutting machine for the separation of TSP/LCD modules in cellular phones”, KSMTE, Vib. and Control Division Conference 2013, pp 37~37.