

전자펜 입력용 투명패턴 검사장치 개발

유영기

선문대학교 공과대학 정보통신공학과/충남디스플레이R&D클러스터사업단

Development of Inspection System for Transparent Pattern of the Electromagnetic Resonance Pen

Young Kee Ryu

Department of Information and Communication Engineering, Sunmoon University

요약 전자기 유도 방식의 투명 전자 패턴을 이용한 입력장치의 안정적 생산을 위해서는 생산 공정에서 미리 패턴 검사가 필요한 실정이다. 손터치용 정전용량 패턴의 검사 방법은 다양하게 제시 되어왔으나, 투명 전자기 유도 방식의 패턴 검사방법은 관련 기술 자료를 찾기 힘든 실정이다. 본 연구에서는 메탈 메쉬형 패턴으로 제작된 융합형 전자기유도 센서의 검사방법을 개발하기 위하여, 측정 센서에서 노출된 FPCB 커넥터 부분만의 측정으로 센서 내부의 안테나 임피던스를 측정하기 위한 새로운 측정알고리즘과 측정 방법을 제안하였다. 제안된 검사방법은 자체 개발된 윈도우 운영프로그램으로 제어되는 컴퓨터의 명령에 따라 미리 설정된 특정 채널 간의 루프를 형성하는 마이크로프로세서로 구성된 제어 보드, 특정 채널 간의 임피던스를 고정밀도로 측정하는 LCR 미터 그리고 측정결과를 컴퓨터로 전송하는 통신 시스템으로 구성하였다. 제안된 시스템을 설계 제작하여 자동으로 설정된 채널 간의 측정을 수행하였으며, 9개의 시편에 대하여 임피던스를 실제 측정한 결과와 제안된 시스템으로 측정한 결과, 실제 제품에 사용되는 센서의 기능 불량률을 검출할 수 있는 성능을 보임을 알 수 있었다.

Abstract To produce an input device stably using the transparent electromagnetic pattern of an electromagnetic induction method, pattern inspection is required in advance in the production process. Various methods of inspecting the capacitive pattern for hand-touch have been proposed, but it is difficult to find the related technical data for the pattern inspection method of the transparent electromagnetic induction method. In this study, to develop an inspection system for a fused electromagnetic resonance pen sensor with a copper-etched metal mesh pattern, an inspection algorithm and method for measuring the antenna impedance inside the sensor was proposed by measuring only the exposed FPCB connector. The proposed method was configured as a control board consisting of a microprocessor that forms a loop between specific channels according to the command of a computer, a computer-controlled by the Windows program, an LCR meter measuring the impedance between specific channels, and transmitting the measurement results back to the computer. An evaluation of the proposed system and measurements of nine specimens showed that it could detect the defects of the sensor used in the actual product.

Keywords : Transparent Pattern, Electromagnetic Resonance, Pen, Metal Mesh, Inspection

*Corresponding Author : Young Kee Ryu(Sunmoon Univ.)

email: ryu@sunmoon.ac.kr

Received May 28, 2020

Accepted June 5, 2020

Revised June 4, 2020

Published June 30, 2020

1. 서론

국내의 중소기업 D사는 정전용량센서와 전자기유도 센서의 장점을 동시에 구현할 수 있는 새로운 입력장치를 정전용량 터치센서 패턴에 전자기유도 센서를 결합한 융합형 전자기 유도 센서를 개발하였다[1]. 이 센서는 손터치와 전자기 유도 전자펜을 동시에 사용 할 수 있으며, 투명전극기술 중 메탈메쉬(Metal Mesh)로 제작되었다. 메탈메쉬란 격자무늬 패턴으로 저항 값이 낮은 은, 구리 등의 금속으로 그물망 같이 필름에 전극을 인쇄하는 방법으로 미세한 패턴으로 인하여 센서는 투명한 것처럼 보이게 된다[2].

이러한 전자기 유도 방식의 투명전자 패턴을 이용한 입력장치의 안정적 생산을 위해서는 생산 공정에서 미리 패턴 검사가 필요한 실정이다. 그러나 손터치용 정전용량 패턴의 검사 방법은 특허나 논문 등으로 기존에 다양하게 제시 되어왔으나[3-6], 투명 전자기 유도 방식의 패턴 검사방법은 시도된 적이 없었다. 따라서 본 연구에서는 투명 패턴의 각 채널 임피던스를 측정하는 검사를 개발하여 패턴 양산시 불량 패턴을 사전에 선별하여 센서의 품질과 입력좌표의 정밀도를 높일 수 있고 안정적으로 센서를 양산할 수 있는 검사기술을 개발하는 것을 목표로 한다.

2. 투명센서 검사항목 및 방법

2.1 센서 패턴 제작

전자기 유도 센서의 측정원리상 미약한 신호를 처리하기 위해서는 낮은 임피던스를 가진 센서 패턴이 요구된다. 이를 구현하기 위해 여러 인쇄전자기술 중 임피던스가 상대적으로 낮은 인쇄전자 패턴 기술인 메탈메쉬(Metal Mesh) 방식을 선정하였다고 한다. ITO(Indium Tin Oxide) 및 그 외의 인쇄전자 기술은 현재 만족할 만한 낮은 임피던스 구현이 어려운 실정이다. 본 논문에서 사용된 융합형 전자기 유도 센서는 구리(copper)를 사용하여 메탈메쉬 패턴을 구현 하였다[2].

아래의 Fig. 1은 센서 제작 공정 중 식각공정(Etching) 이후 각 라인 안테나의 임피던스 측정을 위해 FPCB 커넥터 단자까지의 조립과정을 나타낸 것이다.

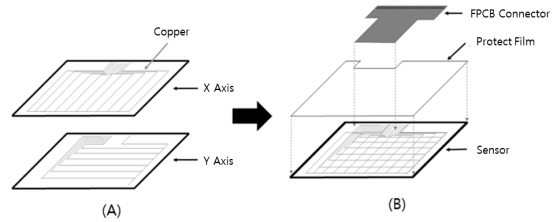


Fig. 1. Manufacturing Process of the Sensor Pattern

Fig. 1의 (A)는 식각공정을 거쳐 X축과 Y축 센서를 제작한 것이다. 제작된 패턴은 별도의 보호용 필름 등이 없는 상태이며 패턴이 그대로 노출된 상태이다. 한 개의 라인 안테나에 대한 임피던스를 측정하기 위하여 Fig. 2와 같이 측정자가 라인 안테나와 트레이스 라인에 포고핀(Pogo pin) 등의 측정 장비를 이용하여 직접적인 접촉으로 진행 할 수 있다.

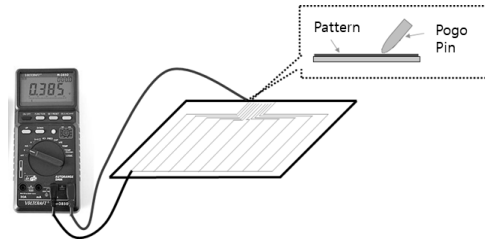


Fig. 2. Impedance Measurement of the Pattern

하지만 포고핀의 직접 접촉으로 인해 Fig. 3과 같이 낮은 표면 경도로 인하여 접촉부분 패턴이 손상되는 불량을 야기 시킬 수 있다. 이와 같은 직접적인 접촉에 의한 패턴 손상을 방지하기 위하여 보호용 필름과 X축, Y축의 센서를 함께 결합한 후 외부로 노출된 FPCB 커넥터 단자와의 접촉만으로 간접적인 패턴의 라인안테나 임피던스 측정을 수행하여야한다.



Fig. 3. Sensor Pattern Defect due to Pin Contact

2.2 센서 패턴 구성

본 연구에 사용된 센서는 X축과 Y축이 겹쳐 구성되어 있으며 Fig. 4는 X축 패턴 각부를 도식화 하여 측정을 위한 기호와 설명을 나타내었다.

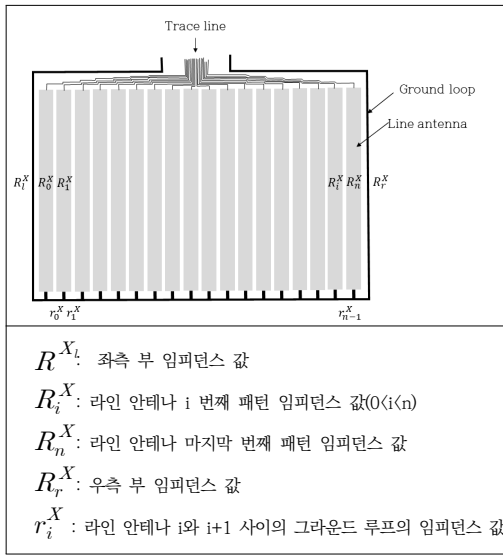


Fig. 4. Sensor Pattern Symbol

2.3 불량률의 종류

불량은 앞에서 언급한 바와 같이 크게 두 가지로 나누어 구분 할 수 있다. 제조 중 발생하는 불량으로 설계된 패턴의 형상과 차이가 발생한 경우의 불량을 형상불량이라 정하였고, 형상에는 설계와 큰 차이점이 없지만 측정 원리[6,7,8]에 기반으로 라인 안테나가 임피던스의 급격한 변화로 측정 시 전자펜 위치 오차를 발생 시킬 수 있는 불량을 기능 불량이라고 구분 하였다. Fig. 5는 형상 오류를 나타내기 위하여 X축을 도식화 하여 나타낸 것이며 각 불량을 A부터 E까지로 총 5개를 표시하였다.

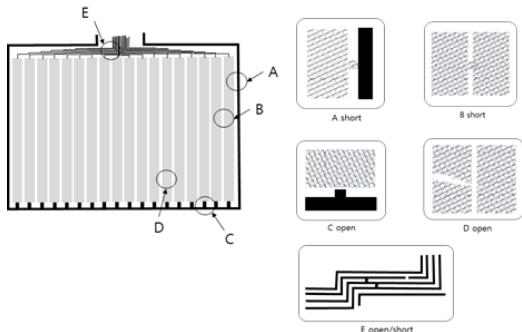


Fig. 5. Sensor Defect Types

Fig. 5에서 A는 그라운드 루프와 라인 안테나 간 단락이 일어나게 된 형태이다. 단락된 해당 라인 안테나의 임피던스의 값은 정상 라인 안테나에 비하여 큰 값이 측정된다. B는 연속된 라인 안테나 간 단락이 일어난 형태이

다. 두 개의 라인 안테나 모두 임피던스 값을 측정 하였을 때 정상 라인 안테나에 비해 큰 값이 측정된다. C는 그라운드 루프와 라인 안테나 간에 개방으로 해당 라인 안테나의 임피던스가 측정되지 않거나 매우 작게 측정된다. D는 라인 안테나의 임의의 부분이 개방 시 나타나게 되는 불량이며 임피던스 값이 측정되지 않거나 매우 크게 측정된다. E는 트레이스 라인의 단락과 개방의 상황을 보여준다. 라인 안테나가 정상적으로 제작 되어도 이를 측정하기 위해 연결된 트레이스 라인이 단락이나 개방 시 임피던스가 정상 값보다 높거나 작게 나오게 되며 오류로 검출되게 된다.

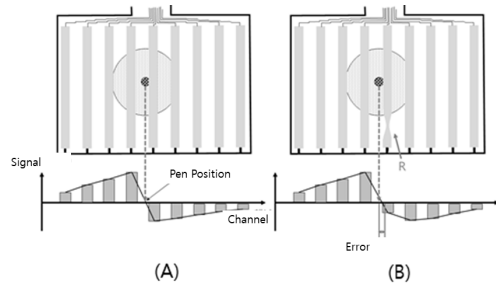


Fig. 6. Pen position error due to line antenna shape defect

Fig. 5에서 다른 불량 외에도 사용자의 사용 환경에 따른 커넥터 접촉 불량, 접촉 불량 등의 다양한 불량이 생길 수 있다. 기능 오류는 어떠한 요인으로 인해 특정 라인 안테나 혹은 전체적인 라인 안테나의 임피던스 값이 변화하여 기준 추세에서 벗어나는 경우와 n 번째 라인 안테나와 $n+1$ 번째 라인 안테나의 임피던스 값의 차이가 큰 폭으로 변화하는 경우로 볼 수 있다. 이러한 기능 오류는 전자펜의 위치 검출에 문제를 야기 할 수 있다. Fig. 6은 라인안테나 임피던스값 오류로 인한 전자펜 위치 검출의 불량을 나타낸 것이다.

Fig. 6의 (A)는 제작 공정 후 정상적인 양품을 이용하여 전자펜의 위치에 따른 전류의 변화량을 나타낸 것이며 전류의 변화량을 이용하여 전자펜의 위치를 정확하게 측정 할 수 있는 것을 볼 수 있다. (B)의 경우 라인 안테나 R은 기능 오류로 인하여 (A)의 동일 라인 안테나에 비하여 임피던스 값이 상승한 상태이다. 상승한 임피던스 값은 좌표 측정 알고리즘을 사용 할 시 전자펜 위치에 대한 측정 오차를 발생 시키게 된다.

2.4 센서 패턴 측정 원리

앞에서 언급한 바와 같이 전자기 유도 센서는 560kHz의

교류 환경에서 전자펜의 전자기유도 신호를 센서 패턴을 통하여 수신 신호를 획득하게 된다. 따라서 동일 센서 패턴으로 안정적인 신호를 수신하기 위해서는 임피던스가 일정 값 영역 내에서 제작되어야 한다. 앞에서 언급한 임피던스 값은 주파수와 깊은 관계를 가지므로 동작 주파수인 560kHz에서의 라인 안테나 임피던스 측정을 통해서 센서 패턴의 품질을 관리할 수 있을 것이다.

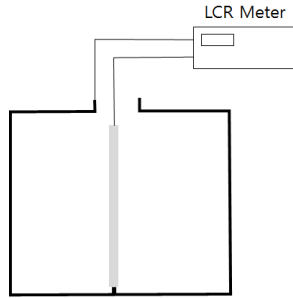


Fig. 7. Sensor impedance measuring method by using LCR meter

본 연구에서는 상용 LCR Meter를 이용하여 위의 Fig. 7과 같이 측정 하고자 하는 라인 안테나와 그라운드 루프에 측정단자를 접촉하고 주파수 설정을 통해 특정 주파수의 환경의 임피던스 측정결과를 간단히 구할 수 있다.

2.5 검사 방법

아래 Fig. 8에서 라인 안테나 i 의 임피던스를 측정하는 경우 앞에서 기술한 바와 같이 X축, Y축 센서가 겹쳐 있으며 보호 필름으로 패턴이 노출되어있지 않기 때문에 4번 지점을 제외한 3개의 지점을 이용하여 간접적으로 임피던스를 측정 하는 방법에 대하여 기술하고자한다. 측

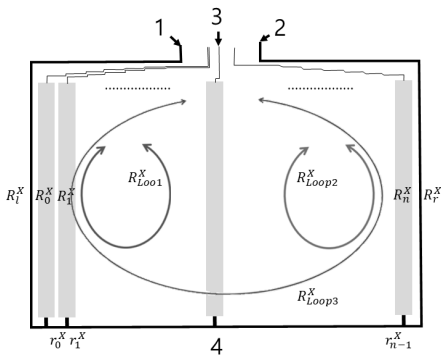


Fig. 8. Sensor impedance measuring method

정 하고자 하는 라인 안테나의 임피던스는 1지점, 2지점, 3지점을 이용하여 간접적으로 계산 할 수 있다. 그림 중 3개의 지점 중 2개를 선택하게 된다면 한 개의 Loop가 생성된다. 1지점과 3지점을 선택하여 측정 시 으로 표현 할 수 있으며 2지점 3지점 선택 시 그리고 1지점과 2지점 선택 시 이 생성되는 것을 확인 할 수 있다.

Fig. 8에서 i 번째 라인 안테나의 임피던스를 측정하기 위하여 3개의 R_{Loop}^X 를 측정 후 계산을 통해 간접적인 측정 할 수 있다. 먼저 R_{Loop1}^X 은 R_i^X 임피던스와 r_0^X 부터 r_{n-1}^X 까지의 임피던스를 합한 식으로 아래 Eq. (1)과 같이 표현될 수 있다.

$$R_{Loop1}^X = R_i^X + \sum_{k=0}^{i-1} r_k^X + R_r^X \quad (1)$$

R_{Loop2}^X 는 r_1^X 부터 r_{n-1}^X 까지의 임피던스, R_r^X 의 임피던스를 더한 값을 식으로 표현하면 아래와 같다.

$$R_{Loop2}^X = \sum_{k=i}^{n-1} r_k^X + R_r^X + R_i^X \quad (2)$$

R_{Loop3}^X 는 R_i^X 의 임피던스, r_0^X 부터 r_{n-1}^X 까지의 임피던스, R_r^X 의 임피던스를 더한 값을 식으로 표현하면 아래와 같다.

$$R_{Loop3}^X = R_i^X + \sum_{k=0}^{i-1} r_k^X + R_r^X \quad (3)$$

위의 식 Eq. (1),(2)를 더하고 Eq. (3)을 빼면 다음 식과 같다.

$$R_{Loop1}^X + R_{Loop2}^X - R_{Loop3}^X = R_i^X + \sum_{k=0}^{n-1} r_k^X + R_r^X + 2R_i^X - (R_i^X + \sum_{k=0}^{n-1} r_k^X + R_r^X) \quad (4)$$

위의 Eq. (4)을 다시 간단히 정리하면

$$R_{Loop1}^X + R_{Loop2}^X - R_{Loop3}^X = 2R_i^X \quad (5)$$

Eq. (5)과 같이 라인 안테나 i 의 임피던스 값의 두 배 값으로 표현되며, 결국 측정하고자하는 R_i^X 값으로 정리하면 아래 Eq. (6)과 같이 표현된다.

$$R_i^X = \frac{R_{Loop1}^X + R_{Loop2}^X - R_{Loop3}^X}{2} \quad (6)$$

위의 식에서 알 수 있듯이 3지점과 4지점을 직접 측정 할 수는 없지만 간접적으로 노출된 FPCB 커넥터 단자 1, 2, 3지점으로부터 3지점과 4지점의 임피던스를 간접적으로 측정 할 수 있다는 것을 보여준다. 이렇게 X축에서 3개의 루프를 활용하여 임피던스를 측정하는 방식을 이

용하여 측정하고자 한다.

3. 측정 시스템 설계

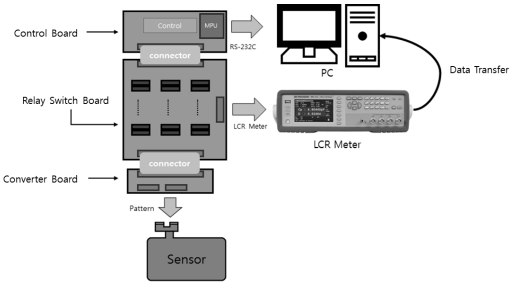


Fig. 9. Inspection system configuration

위 Fig. 9와 같이 전체 시스템을 구성하였다. 센서 패턴의 각 채널은 PC에서 시리얼통신을 통하여 지정되면, 컨트롤보드에 의해 릴레이제어신호가 릴레이스위치보드를 통하여 특정 채널이 LCR Meter 단자에 연결되며, 선택된 채널의 임피던스는 LCR Meter를 통하여 측정되어 측정값을 시리얼통신을 통하여 PC로 수집된다. 제작된 시스템과 시편 연결상태를 Fig. 10에 보였다.

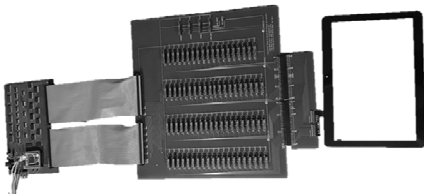


Fig. 10. Prototype of the inspection system

4. 실험 결과

4.1 센서 측정

아래의 Fig. 11은 50채널을 갖는 투명 전자기유도 센서 패턴 9개의 시편의 X축 임피던스값을 측정하여 나타낸 그래프이다. 9개의 시편 모두 X0 채널부터 약 X14 채널까지는 임피던스가 감소하는 추세로 나타나고 있다. 그 이후 마지막 X49 채널 까지 증가하는 추세로 나타난다.

본 연구에서는 Fig.11에 보이는 9개의 측정데이터 평균값을 구하고, 그 평균값을 기준으로 일정 범위의 가상 범위를 정하여 양품의 기준을 정하였다.

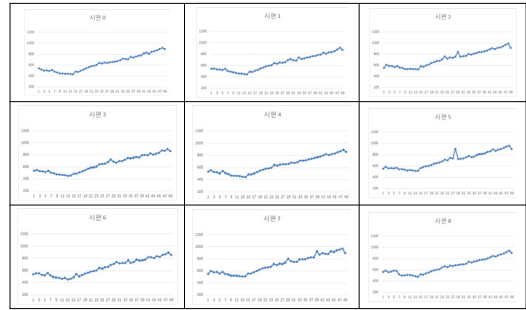


Fig. 11. Inspection results of the sensor pattern

4.2 불량 검사

Fig. 12는 X축 시편 0~8를 검사 기준을 적용하여 나타낸 그래프이다. 그래프의 Y축 값은 임피던스 값을 나타낸 것이며 X축 값은 시편의 X축의 채널 번호를 뜻한다.

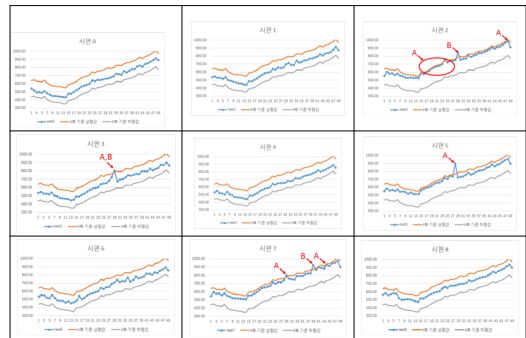


Fig. 12. Inspection guide line

앞에서 언급한 일정 기준 값을 통해 측정된 Fig. 12를 보았을 때 기준범위에 벗어나지 않은 양품은 시편0, 시편1, 시편4, 시편6, 시편8이다.

불량의 종류는 2가지로 형상 불량과 기능불량이 있다. 측정 결과를 보았을 때 단락, 개방과 같은 기능 불량 나타나는 현상은 측정되지 않았다. 하지만 기능불량의 2가지의 현상인 추세 범위를 벗어난 불량과 급격한 변화량의 불량이 측정되었다. 각각의 불량을 추세 범위를 벗어난 경우 A로 표시하였고 급격한 변화량을 B로 표시하였다. 시편2는 A와 B 둘 다 측정되었으므로 불량이다. 시편3, 시편5는 A, B 모두 한 채널에서 나타났으므로 불량이다. 시편7은 A와 B 모두 나타난 불량이다.

5. 결론

본 연구에서는 구리로 에칭된 메탈메쉬 패턴으로 제작된 융합형 전자기유도 센서의 검사방법을 개발하기 위하여 센서에서 노출된 FPCB 커넥터 부분만의 측정으로 센서 내부의 안테나 임피던스를 측정하기 위한 측정알고리즘과 측정 방법을 제안하였다.

제안 검사방법은 윈도우 운영프로그램으로 제어되는 컴퓨터와 컴퓨터의 명령에 따라 특정 채널간의 루프를 형성하는 Atmega128 마이크로프로세서로 구성된 제어보드 그리고 특정 채널간의 임피던스를 측정하는 LCR 메터와 측정결과를 다시 컴퓨터로 전송하는 시스템으로 구성하였다.

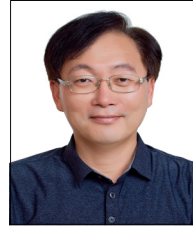
제안된 시스템을 설계 제작하여 9개의 시편에 대하여 측정된 결과 실제 제품에 사용되는 센서의 기능 불량률 검출할 수 있는 성능을 보임을 알 수 있었다.

References

- [1] Young Kee Ryu, Kuk Won Koh, Hak Soo Kim, "A Non-contact Two-Dimensional Position Sensing Device Using Electromagnetic Induction", Journal of the Korean Society for Precision Engineering 29(11), 2012.11, 1159-1163.
DOI:<https://doi.org/10.7736/KSPE.2012.29.11.1159>
- [2] H.Kim, M.W.Cheon, S.H.Jau, "Development Trend of Next-Generation Flexible Transparent Electrodes for Flexible Electronic Devices", Microelectronics and Packaging Journal, pp.6-8, 2014.
- [3] FTLab Co., "Capacitive touch screen panel inspection device and inspection method using switching member", Korea Patent 1012797370000, 2013.06.21.
- [4] Pamtron Co., "Capacitive touch screen panel inspection device and method using PLL", Korea Patent 1012672590000, 2013.
- [5] MicroInspection Co., "Inspection of Touch Panel", Korea Patent 1010916940000, 2011.
- [6] Samsung Mobile Display Co., "Active Stylus", Korea Patent 1020100089953, 2010.
- [7] C.H.Lee, "A Study on the Electromagnetic Wired Tablet Design", Sunmoon Univ. Master Thesis, 2009.
- [8] K.T.Bae etl, "Trend of nano-mesh transparent electrode technology", Information Display, Vol 11, No.5, pp. 47-49, 2010.

유 영 기(Young Kee Ryu)

[정회원]



- 1989년 2월 : 한국과학기술원 생 산공학과 (공학석사)
- 1989년 2월 ~ 1992년 2월 : 삼성 종합기술원 연구원
- 1996년 2월 : 한국과학기술원 자 동화 및 설계공학과 (공학박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 선문대학교 정보통신공학과 교수

〈관심분야〉

정전용량 전자펜, 전자기유도 전자펜, 입력장치, 영상처리, 광응용 기술,