

◆ 특집 ◆ FPD(Flat Panel Display) 제조 및 검사 공정 기술

전자기 유도 방식을 이용한 비접촉식 2차원 위치 센서

A Non-contact Two-Dimensional Position Sensing Device Using Electromagnetic Induction

유영기^{1,✉}, 고국원¹, 김학수²Young Kee Ryu^{1,✉}, Kuk Won Koh¹, and Hak Soo Kim²¹ 선문대학교 정보통신공학부 (Department of Information and Communication Engineering, Sun Moon Univ.)² 선문대학교 생명화학공학과 (Department of Chemical and Biochemical Engineering, Sun Moon Univ.)

✉ Corresponding author: ryu@sunmoon.ac.kr, Tel: 041-530-2356

Manuscript received: 2012.4.6 / Accepted: 2012.10.4

In this paper, we would like to introduce two dimensional non-contact position sensor by using an electromagnetic induction based coil system and an algorithm to estimate the position of pointer. The sensor which will introduce in this paper is composed of a pointer including LC resonant circuit and a sensor board to detect the electromagnetic signal from the pointer. Because of the simplicity shape of the line antenna, low cost and free form curved shape of the sensor device is possible. In this research, we proposed a new two dimensional non-contact type electromagnetic sensor system and realized the proposed sensor device. From the experiments, the proposed device can be employed for the two dimensional position sensor.

Key Words: Tablet (태블릿), Position Sensor (위치 센서), Electromagnetic Induction (전자기유도), Differential Coil (차동 코일)

1. 서론

태블릿(tablet)이란 작고 납작한 판에 무선으로 연결된 전자펜 혹은 스타일러스(stylus)로 그 위에 그림을 그리면 컴퓨터 화면상에 커서가 그에 대응하는 디지털이미지를 그려내는 장치이며, 마우스와 같은 포인팅 장치의 일종으로써 그래픽 태블릿, 디지털타이저 태블릿, 전자 태블릿 등으로 불리기도 한다. 전자기유도현상을 일으키는 펜과 이 전자기유도 현상에 의해 포인터의 위치를 감지하여 컴퓨터 등에 입력하는 태블릿으로 이루어지는 좌표 입력 장치는 그래픽 작업에서의 편리함 및 다양한 응용성에 의해, 간편한 인간-기계 인터페이스(man-machine interface)로서 각광받고 있다.

전자기유도방식(electromagnetic induction)의 무선 태블릿^{1,4}은 펜을 이용하면서 다른 신체의 일부분이 접촉하더라도 펜의 위치만을 추적할 수 있으며, 버튼이나 휠 등의 기능을 추가하여 마우스의 기능뿐만 아니라 지우개, 펜의 색상변화 등의 기능까지 추가할 수 있다. 또한 압력센서를 이용해 실제 펜이나 연필을 사용하여 그리는 선의 질감까지 표현을 할 수 있다.

본 연구에서는 최근 채용이 확대되고 있는 전자기유도 방식을 이용한 태블릿의 원리를 이용하여 산업용에 사용할 수 있는 2차원 비접촉 센서를 개발하였다. 일정 주파수로 전자파를 방출하기 위해서 공진회로를 포함하는 포인터(pointer)는 제어기에서 일정 주파수 신호가 인가되면, 전자기유도



Fig. 1 HTC Flyer with a digital pen

신호를 일정주파수로 방출하게 되며, 이 신호는 일정한 간격으로 설계된 라인 안테나에서 일정 시간마다 스캔하여 포인터에서 방출한 전자기유도 신호를 수신함으로써 포인터의 위치를 측정하게 된다. 본 논문에서는 이러한 원리를 기본으로 하여 센서시스템을 구현하고 실험을 통하여 산업용 측정 시스템으로 사용가능 함을 알 수 있었다.

2. 전자기유도 현상의 이해

2.1 전자기유도 현상

본 연구에 작용된 전자기유도 현상을 이용한 센서 기능을 이해하기 위해서는 전자기 유도현상을 이해 하여야 한다. 아래 그림은 그 현상을 설명하기 위한 간단한 예를 보였다.

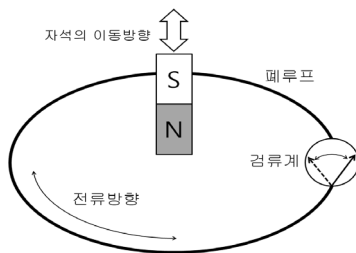


Fig. 2 Electromagnetic induction is the production of an electric current across a conductor moving through a magnetic field

위의 그림 2 에서 보이는 것과 같이 페루프에 검류계를 연결하고 폐회로 주변에서 영구자석을 폐회로에 가까이 가져갔다가 멀리 떼어 놓는 동작을 반복하게 되면 검류계의 지침이 진동하고, 영구자석의 움직임을 정지하면 검류계의 지침이 정지하는 것을 볼 수 있다. 따라서 자석이 폐회로에 접근하였다가 이격되는 동작을 반복하게 되면 폐회로에 전류가 흐르게 됨을 알 수 있다. 또한 자석이 움직이는 속도가 빠를수록 유도되는 전류가 커진다. 이러한 현상을 전자기 유도(Electromagnetic

induction) 현상이라 한다. 아래 그림 3 과 같이 코일과 교류를 이용하여 전자기유도 현상을 발생시킬 수도 있다. 교류신호에 연결된 코일에 전류가 흐르면 자기장이 코일 속에 형성되며, 이 회로에 흐르는 전류의 세기를 주기적으로 변화시키면 자기장도 시간에 따라 변하게 된다. 이 코일을 페루프에 가까이 가져가면 전류에 의해 형성된 자기장이 페루프를 관통하는 자속을 만든다. 이때 전류는 계속 변화하므로 자속도 계속 변하게 되어 영구자석을 움직이는 것과 동일한 효과를 얻을 수 있다.

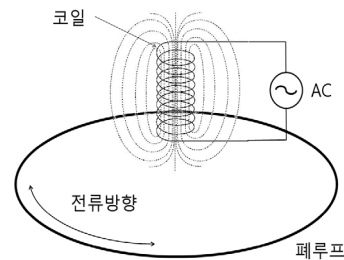


Fig. 3 Electromagnetic induction phenomenon by using alternating current

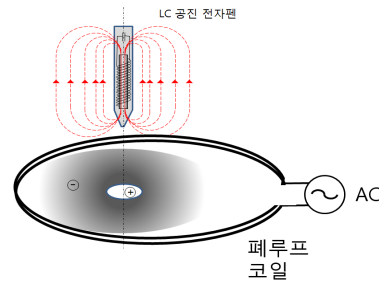


Fig. 4 Direction and magnitude of electromagnetic magnetic field induced by the closed loop coil

페라이트 코어에 코일을 이용하여 인덕터와 캐패시터로 구성된 LC 공진이 내장된 포인터를 제작하면, 그림 4 에서와 같이 포인터의 공진 주파수로 교류를 코일에 전류를 흘리면, 포인터는 유도 전압이 발생하여 자기장이 발생한다. 그리고 플레밍의 오른손 법칙에 따라 자기장의 방향과 직교하는 기전력이 형성되며, 기전력의 극성은 그림과 같이 어느 한 시점에서 코일의 중심부분은 (+)의 극성을 띤다면, 그 주변은 모두 (-)의 극성을 띄게 된다. 그리고 (-)의 극성은 (+)의 극성의 영역을 중심으로 (+)극성의 중심축과 가까울수록 (-)극성의

세기가 강해지고, (+)극성의 중심축과 멀어질수록 (-)극성의 세기가 약해지는 현상을 보인다. 이러한 관계를 조합하여 기존의 전자기유도 센서를 구동하는 구성요소로서 작동하게 된다.

2.2 차동코일을 이용한 포인터 위치 측정

아래 그림 5 의 (a)와 같이 페루프의 정중앙에 선을 설치하고, 정중앙에 설치한 선을 라인안테나라 부른다. 루프에 라인안테나가 설치된 것을 차동안테나 혹은 차동코일(differential coil) 구조⁵⁻⁷ 라 하며, 교류로 여기 된 포인터가 라인안테나에 대해서 놓인 위치에 따라 라인안테나에 흐르는 전류의 방향이 바뀌는 테이블릿의 원리를 이용한 것이 특징이다. 전류 방향을 그림 5(b)에 보였다.

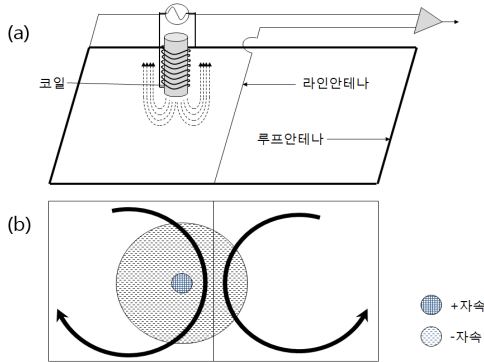


Fig. 5 Electromagnetic induction phenomenon in the differential coil system

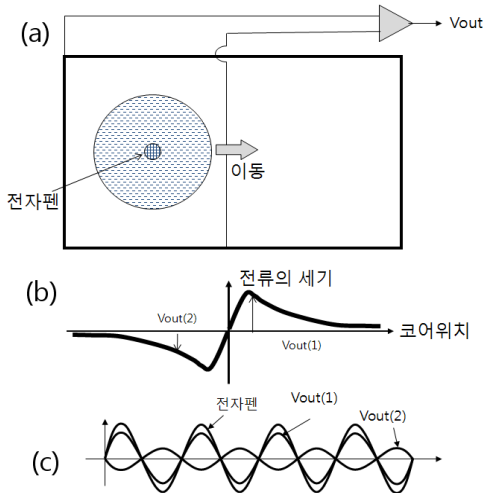


Fig. 6 Output voltage and phase of differential opamp along with the position of pointer

그림 6(a)과 같이 라인안테나가 설치된 루프안테나에서 코일의 위치를 루프안테나의 좌측에서 우측으로 이동하면 차동증폭기에서 출력을 측정하면 그림 6(b)와 같이 전류의 세기와 위상이 변하여 나타난다. 그림 6(c)는 출력 전압 V_{out} 의 부호가 전자편 인가된 교류전압에 대한 V_{out} 의 전압 크기와 위상과의 관계를 시간에 따라 출력 전압을 간단히 표현하였다.

이러한 차동 코일의 원리를 확대하여, 그림 7 과 같이 다수의 라인안테나를 설치하고 MUX 를 이용하여 각 라인안테나의 전류를 측정하면 포인터(전자편)의 위치를 정밀하게 측정 할 수 있게 된다.⁸

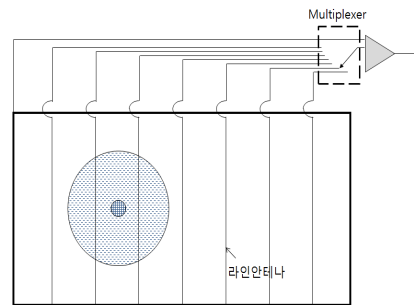


Fig. 7 Application examples with multi-line antenna

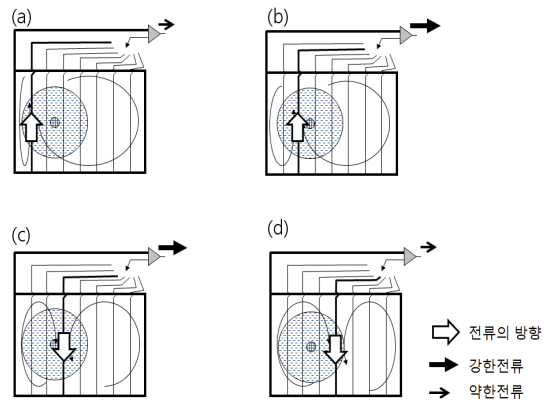


Fig. 8 The current direction with respect to the line antenna scanning

그림 8 과 같이 7 개의 라인안테나가 설치된 루프코일에 포인터의 위치를 고정시키고 라인안테나를 순차적으로 바꾸어가며 전류를 측정하는 경우 위의 그림과 같이 포인터에 대한 각 라인안테나의 상대적 위치에 따라 라인안테나에 흐르는 전류의

세기와 위상은 각각 다르게 나타난다. 이러한 원리를 이용하여 루프안테나 내에 존재하는 펜의 위치에 따른 출력은 그림 9 와 같이 펜이 존재하는 곳은 출력전압이 0 에 가까운 값을 갖게 된다. 만일 전자펜이 라인안테나 위에 존재한다면 그 해당 라인안테나의 출력이 0 의 값을 보일 것이다.

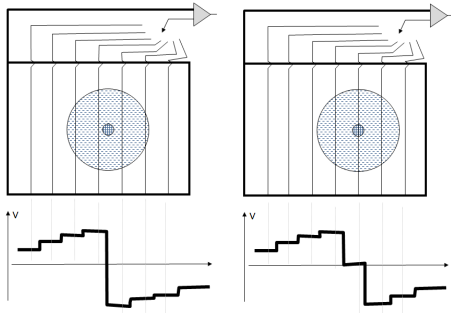


Fig. 9 The output voltage curves with respect to the pen position

그림 10 은 실제 x, y 축 방향으로 배열하여 2 차원 상에서 포인터의 위치를 측정하기 위한 패턴 구조이다. 이 구조는 간단한 패턴구조와 비아홀이 없어 간단히 제작이 가능하고, 라인안테나의 낮은 저항이 필요치 않기 때문에 저가의 스크린 프린팅 기술이나 ITO 혹은 전자인쇄기술을 이용하여 대량 생산이 가능한 장점을 갖는다. 예로 실제 제작된 PCB 의 간단한 패턴을 보였다.

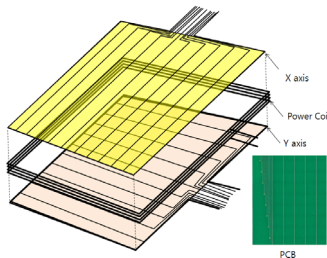


Fig. 10 Simple two layered PCB pattern without any via hole

이러한 간단한 패턴구조로 인하여 플렉시블 인쇄회로기판(flexible PCB)이나 투명기판에 간단히 인쇄만으로 제작이 가능한 스크린프린트기법을 적용할 수 있다. 유리관련 검사현장⁹ 과 같은 비접촉으로 고속 불량위치를 관리해야하는 경우는 이러한 측정 장치의 활용이 가능함을 알 수 있다.

3. 좌표 측정 성능 평가 실험

본 연구에서는 앞에서 기술한 원리를 구현하여 측정 원리의 타당성과 정밀도를 구하기 위하여 아래 그림과 같이 다양한 라인안테나 간격의 센서보드를 제작하였다. 라인안테나 간격이 3 mm, 5 mm, 8 mm, 10 mm 인 센서보드를 각각 제작하여 간격이 다른 센서보드에 대한 측정 오차 실험 장치를 그림 11 과 같이 구성하여 그림 12 와 같이 센서보드를 제작하여 실험을 통해 검증해보고자 한다.

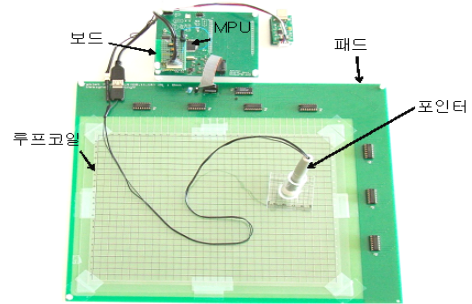


Fig. 11 Sensor system for test

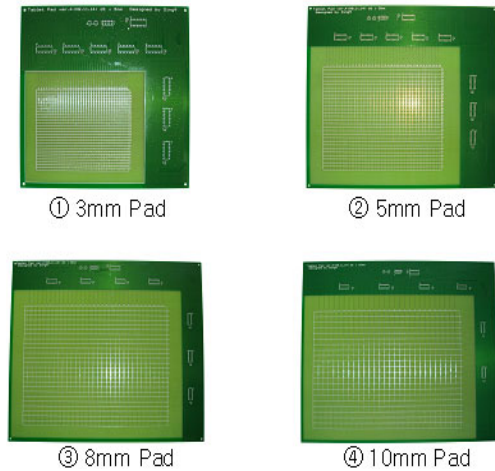


Fig. 12 Sensor boards with different line space

위 그림 12 의 ①은 라인안테나의 간격이 3 mm 인 센서보드이며, ②는 라인안테나의 간격이 5 mm 인 센서보드이며, ③은 8 mm, ④는 라인안테나의 간격이 10 mm 인 센서보드이다. 실험조건은 500 kHz 의 공진이 적용된 포인터를 수직으로 유지하여 가로축과 세로축이 교차되는 지점에서 좌표측정을 하였다.

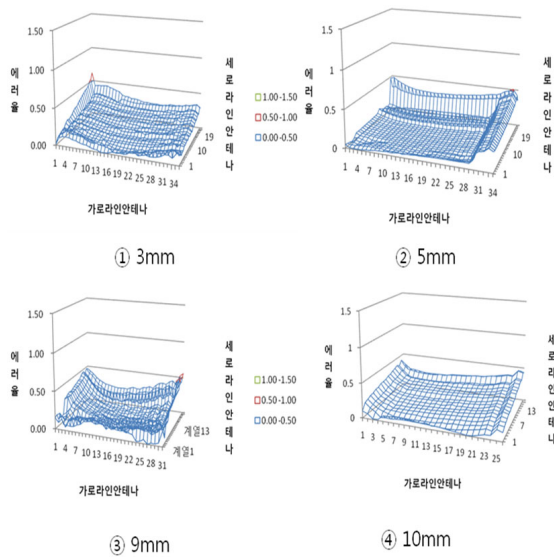


Fig. 13 Experimental results of the accuracy of pointer with respect to the different line space

위의 실험에서 에러율이란 각 채널 간격에 대한 에러값을 나타낸다. 예를 들어 채널 간격이 3 mm 에서 에러값이 1.5 mm 라면 에러율을 0.5 로 표현하였다. 이러한 방법으로 측정한 결과를 그림 13 에 보였다. 실험 결과 센서보드 주변에서는 측정 오차가 크게 나타났는데, 이것은 전자기유도 현상에서 전자기장이 센서의 측정 영역 밖으로 나가기 때문에 나타나는 것으로 인한 문제이며, 추후의 연구를 통하여 개선할 수 있음을 알 수 있었다. 전체적으로 중앙 부위는 측정 정밀도가 에러율 0.1 로 나타났으며, 지속적인 연구개발을 통하여 개선이 가능하다.

4. 결론

본 연구에서는 전자기 유도방식의 센서를 제작하여 비접촉으로 2 차원 측정이 가능한 센서 시스템을 구현하였다. 실험을 통하여 모바일 기기에 사용되는 2 차원 입력장치인 전자기유도 원리기반 태블릿은 지속적인 연구개발을 통하여 측정 정밀도를 개선 할 수 있으며, 산업용으로 고속, 저가의 2 차원 센서로서의 활용성을 알 수 있음을 알 수 있다. 또한 센서보드는 크기에 따라 단순히 확대하여 제작하면 되기 때문에 센서의 측정 영역에 대한 제한 점이 없으며, 제작 비용이 저렴하고, 비접촉으로 반영구적 사용이 가능한 것이 장점이다. 이러한 센서의 개발을 통하여 산업체에서 요구하

는 다양한 고속의 정밀 2 차원 센서 개발에 사용될 수 있음을 알 수 있었다.

후 기

이 논문은 지식경제부 지역기술혁신개발사업 (No. RTI04-01-02)의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Yamanami, T., Funahashi, T., and Senda, T., "Position Detecting Apparatus," US Patent, No. 5028745, 1991.
2. Yamanami, T., Funahashi, T., and Senda, T., "Position Detecting Apparatus," US Patent, No. 4878553, 1989.
3. Weiner, A. J., Perski, H., and Morag, M., "Physical Object Location Apparatus and Method and a Graphic Display Device using the Same," US Patent, No. 6690156 B1, 2004.
4. Morag, M. and Perski, H., "Transparent Digitizer," KR Patent, No. 10-2005-7003531, 2005.
5. Cho, S. H., "Tablet for detecting both finger and pointer," KR Patent, No. 10-1027672-00-00, 2010.
6. Cho, S. H., "Tablet system and control method for the same," KR Patent, No. 10-0984036-00-00, 2010.
7. Azuma, M., "Coordinate input apparatus," KR Patent, No. 10-0910348-00-01, 2009.
8. Hong, D.-G., Ryu, Y. K., and Oh, C.-S., "A Study on the Coordinate Estimate Algorithm of the Electromagnetic Induction Based Wired Tablet Device," Journal of the Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication, Vol. 9, No. 4, pp. 153-159, 2009.
9. Oh, C. S., Ryu, Y. K., Shin, S. J., Yoo, H.-J., and Jun, B. U., "An Algorithm Development for Detecting Blister Defects of Display Glasses," J. of the KSPE, Vol. 24, No. 4, pp. 15-20, 2007.