

---

저자 (Authors)	이현창, 이명석 HyunChang Lee, MyungSeok Lee
출처 (Source)	<a href="#">전자공학회논문지 53(7)</a> , 2016.7, 56-63 (8 pages) <a href="#">Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers 53(7)</a> , 2016.7, 56-63 (8 pages)
발행처 (Publisher)	<a href="#">대한전자공학회</a> THE INSTITUTE OF ELECTRONICS ENGINEERS OF KOREA
URL	<a href="http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE06726452">http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE06726452</a>
APA Style	이현창, 이명석 (2016). 코팅 추가에 의한 멤브레인 키보드에서의 고스트-키 검출에 관한 연구. 전자공학회논문지, 53(7), 56-63.
이용정보 (Accessed)	공주대학교 117.17.172.*** 2017/07/07 14:26 (KST)

---

## 저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독 계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

## Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

논문 2016-53-7-7

# 코팅 추가에 의한 멤브레인 키보드에서의 고스트-키 검출에 관한 연구

( A study on Detecting a Ghost-key using  
Additional Coating at the Membrane type Keyboard)

이 현 창\*, 이 명 석\*\*

(HyunChang Lee<sup>Ⓢ</sup> and MyungSeok Lee)

## 요 약

본 논문에서는 멤브레인 방식 키보드에서 고스트-키를 검출하는 새로운 방법을 제시하였다. 멤브레인 필름에 저항성 도체를 추가로 코팅하는 하드웨어적인 변경을 제시하고, 이때 발생하는 정상-키와 고스트-키에 대한 최적의 검출 저항비에 대해 이론적으로 분석하였다. 저항비는 검출전압 차가 가장 작은 최악의 키 조합에 최적의 비율을 적용하며, 시뮬레이션에 의해 다른 키 조합에 대해서도 이 비율을 적용해 고스트-키를 검출할 수 있음을 보였다. 제시한 방법의 타당성을 입증하기 위해 실험 회로를 구성하고 마이크로프로세서의 아날로그-디지털 변환기를 이용해 전압을 추출하였으며, 그 결과에 따르면 정상-키와 고스트-키 사이에 뚜렷한 전압차가 발생해 멤브레인 방식 키보드에서 발생하는 고스트-키를 확실하게 검출할 수 있음을 확인하였다.

## Abstract

This paper presents a novel method for detecting a ghost key at the membrane type keyboard, which has additional resistive coating to the membrane film. Also, the optimal ratio of resistances for detecting a ghost key was designed based on the characteristics of the membrane film. The optimal ratio of resistances was considered to be able to detect the worst case (i.e., difference voltage between normal key and ghost key is minimum). The ability of the proposed methods are evaluated by simulation studies in this paper. In order to verify the proposed method, the experiment was carried out with a designed circuit and A/D (analog to digital) in MCU (micro controller unit). The proposed method is implemented into the membrane type keyboard and is verified by experimental results.

**Keywords :** phantom key, ghost key, membrane, keyboard, dynamic scanning

## I. 서 론

컴퓨터 키보드는 일반적인 컴퓨터에서 가장 많이 사용되는 입력 장치로서 과거 컴퓨터의 생산량이 많지 않던 시절에는 개별 푸시-스위치들을 대량으로 기판에 조

립해 생산한<sup>[1~2]</sup> 수십 만 원 대의 고가기기였지만, 컴퓨터의 급속한 보급과 수요의 증가로 인해 보다 저가격이면서 대량생산에 유리한 멤브레인 방식 키보드가 개발되었다. 이 방식의 키보드는 간단한 기구물 구성 등으로 인해 단지 몇 천원 수준으로 고성능의 컴퓨터 키보드를 대량으로 생산할 수 있으므로 현재 사용되는 키보드의 대부분을 차지하고 있다.<sup>[3]</sup>

한편 프로세서의 한정된 포트를 이용해 대량의 스위치들을 검출하기 위해 스위치들을 매트릭스 형태로 구성한 다이내믹 스캐닝(dynamic scanning)을 사용하는 데,<sup>[4~5]</sup> 이 방식의 특성 상 특정한 스위치 조합에서는 사용자가 입력한 키 이외에 다른 키가 눌린 것으로 검

\* 정회원, 국립 공주대학교 정보통신공학부  
(Dept. of Information and Telecommunication  
Engineering, Kongju National University)

\*\* 정회원, 현대자동차 전력변환제어설계팀  
(Electric-Power Conversion Control Engineering  
Design Team, Hyundai Motor Group)

Ⓢ Corresponding Author (E-mail : hlee@kongju.ac.kr)

Received ; May 9, 2016

Revised ; June 8, 2016

Accepted ; June 29, 2016

출되는 고스트-키(ghost-key), 또는 허상-키(phantom key) 현상이 필연적으로 발생한다.<sup>[6]</sup> 일반적인 컴퓨터 키보드 사용에 있어서 **Shift**, **Ctrl**, **Alt** 키를 제외하면 동시에 2개 이상의 키를 누르는 경우는 거의 없기 때문에 사용자가 오타로 인해 3개 이상 키를 눌렀을 경우 고스트-키의 발생을 방지하기 위해 이는 무시해버리도록 구성하며, 이를 2-key rollover, 3-key rollover라 한다.<sup>[7]</sup> 그러나 이는 동시에 3개 이상을 누르는 응용분야에서는 사용할 수 없는 제약이 발생하며 그 예로는 컴퓨터 게임, 건반형 스위치 입력, 안마대 소리글판 등이 있다. 컴퓨터 게임, 특히 2인용 게임에서는 한꺼번에 8개의 스위치를 동시에 누르는 경우가 자주 있는데, 이때 고스트-키 현상이 발생하면 사용자의 의지와 달리 게임이 엉뚱하게 동작하는 경우가 흔히 발생한다. 이때문에 PC방 등에서는 게임 사용자를 위해 전체 키보드 중 절반 정도는 고가의 개별 스위치 방식 키보드로 비치하고 있는 것이 현실이다. 전자 오르간 등과 같이 건반 형으로 구성된 스위치보드의 경우에도 동시에 여러 건반을 누르기 때문에 고스트-키 현상이 발생하며, 이는 엉뚱한 음이 더 발생하는 결과로 나타난다. 또한 현재 사용되는 2벌식 한글입력 방식에 비해 매우 뛰어난 입력효율을 나타내는 안마대 소리글판의 경우 한글의 초성, 중성, 종성 조합을 한꺼번에 입력하는 원리로 구성되어 있어,<sup>[8]</sup> 일반 키보드에서는 고스트-키 현상 때문에 쉽게 적용할 수 없다는 제약을 받는다.

과거의 개별 스위치 방식 키보드에서는 고스트-키 현상을 다이오드를 이용해 하드웨어적으로 쉽게 방지할 수 있었지만,<sup>[6]</sup> 멤브레인 방식 키보드는 구조적 특성에 의해 고스트-키 현상을 제거하기 어렵다. Shun-Pin Lin<sup>[9]</sup>은 스위치 내부에 저항을 직렬로 접속해 이로부터 발생하는 전압차를 비교기 등을 이용해 고스트-키를 검출하는 방법을 제시했으나, 이는 개별 스위치 방식에만 적용할 수 있다는 제한점이 있다. Liu Wen-Tong et al.<sup>[10]</sup>은 고스트-키가 발생하는 조합의 키를 사용자가 한꺼번에 눌렀을 때, 정상적인 키들 사이에서 발생하는 타이밍 차를 이용해 고스트-키를 검출하는 방법을 제안했으나, 이는 각 접점마다 발생하는 채터링 현상에 의해 교란이 발생할 수 있고, 다이내믹 스캐닝 주기 내에서 동시에 눌린 키들에 대해서는 오히려 고스트-키로 처리될 가능성이 있는 문제점이 있다. Chun-Hung Cheng et al.<sup>[11]</sup>은 비교적 키의 수가 적은 노트북용 키보드에서 2개의 프로세서를 이용해 다이내믹 스캐닝 열수를 44개까지 확장하고, 이들의 조합 및 배열을 통해

고스트-키를 방지할 수 있는 방법을 제시하였으나, 이는 키의 수가 더 많은 일반적인 키보드에 적용하려면 훨씬 많은 스캐닝 열 수의 확장 및 이를 제어할 프로세서의 추가가 필요하므로 가격이 매우 비싸져 멤브레인 방식을 사용하는 이점이 크게 경감된다. Paul H. Dietz et al.<sup>[12]</sup>은 멤브레인 필름의 도선이 접점부에 접속되기 직전 지그재그 형태의 경로를 형성해 각 스위치 접점마다 저항값을 가지도록 구성하고, OP-Amp.등을 이용해 전압을 검출해 고스트-키를 검출하는 방법을 제안했으나, 이는 멤브레인 필름의 제한된 면적에 저항영역을 크게 확보하기 어려워 큰 저항값이 얻어지지 않으므로 점점 배선영역의 저항과 큰 차이가 발생하지 않아 실용성 어려움이 있다. 이상의 여러 연구들에서 공통적인 문제점은, 아날로그적인 방법으로 고스트-키를 검출하는 방법론은 제시했지만, 검출을 위한 최적의 저항 조건이 제시되지 않아 구체적으로 어느 정도 수준에서 검출할 수 있는지 알 수 없다는 것이다.

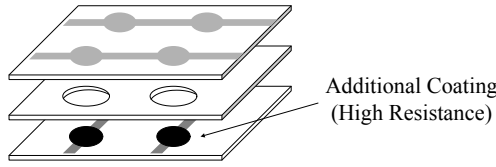
본 논문에서는 멤브레인 방식 키보드에서 고스트-키 현상을 검출 및 제거할 수 있는 새로운 방법을 제시하고, 정상-키와 고스트-키를 효과적으로 검출할 수 있는 저항비에 대해 이론적으로 분석하며, 분석결과를 기초로 각 고스트-키 발생상태에 따른 시뮬레이션과 실험을 실시해 멤브레인 방식 키보드에서 고스트-키를 검출해 제거할 수 있음을 보인다.

## II. 본 론

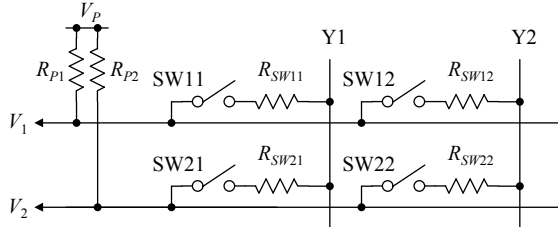
### 1. 멤브레인 접점의 보완

멤브레인 키보드의 스위치를 구성하는 필름에는 도전성 잉크나 탄소도체를 도포해 제작하는데, 이 때 사용되는 도체들은 스위치의 성능을 향상시키기 위해 순저항이 저감되도록 개선을 거듭하고 있으며, 순저항이 작을수록 가격은 크게 비싸진다.<sup>[12]</sup> 본 논문에서는 오히려 저가격 고저항의 도체를 그림 1(a)와 같이 스위치 접점 한 쪽 또는 양쪽에 한 번 더 도포해 스위치의 접점저항이 크게 되도록 한다. 이와 같이 고저항 접점으로 필름을 구성한 경우의 등가회로를 그림 1(b)에 나타내었다.

그림 1의 등가회로에서  $R_{SM1}$ ,  $R_{SM2}$ 들은 멤브레인 스위치 접점부에 형성한 저항 성분,  $R_{P1}$ ,  $R_{P2}$ 는 스위치의 상태를 검출하기 위한 pull-up 저항들이다.



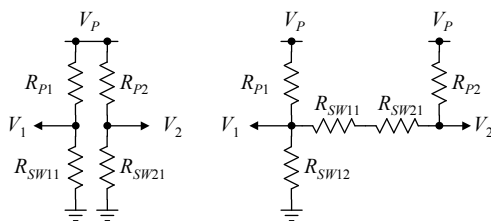
(a) 멤브레인 접점부의 처리



(b) 등가회로

그림 1. 고스트-키 검출을 위해 제시한 멤브레인 스위치  
Fig. 1. Proposed method for detecting a ghost-key at the membrane type keyboard.

만약 고스트-키 현상이 발생하는 상황인 SW11, SW12, SW21이 on되고 SW22가 off되어 있을 때 정상적인 상태인 Y1열을 스캔하면 등가회로는 그림 2(a)와 같이 두 검출전압이 동일하다. 그러나 고스트-키가 발생하는 Y2열을 스캔하면 등가회로는 그림 2(b)와 같이 구성되어 정상-키에 의한 전압  $V_1$ 과 고스트-키에 의한 전압  $V_2$ 에 차이가 발생하며, 프로세서는 이 전압을 아날로그-디지털 변환을 통해 고스트-키가 발생한 것인지 정상적인 키가 검출된 것인지를 판별할 수 있다.



(a) Y1 스캔 시

(b) Y2 스캔 시

그림 2. 각 상태의 등가회로

Fig. 2. Equivalent circuit of each state Y1 and Y2.

## 2. 최적 검출 저항비의 결정

정상-키에 의한 전압  $V_1$ 과 고스트-키에 의한 전압  $V_2$ 의 차이가 가장 크게 발생할  $R_P$ 와  $R_{SW}$ 의 저항비를 결정하는 과정은 다음과 같다.

그림 2(b)의 등가회로에서 모든  $R_{SW}$ 들의 값이 동일하고  $R_P$ 들도 동일하다면  $V_1$ 과  $V_2$ 는 식 (1), (2)와 같이 각각 나타낼 수 있다.

$$V_1 = \frac{R_{SW}}{R_{SW} + (R_P + 2R_{SW}) \parallel R_P} \cdot V_P$$

$$= \frac{2R_{SW}^2 + 2R_{SW} \cdot R_P}{2R_{SW}^2 + 4R_{SW} \cdot R_P + R_P^2} \cdot V_P \quad (1)$$

$$V_2 = \frac{2R_{SW}}{2R_{SW} + R_P} (V_P - V_1) + V_1$$

$$= \frac{2R_{SW}^2 + 4R_{SW} \cdot R_P}{2R_{SW}^2 + 4R_{SW} \cdot R_P + R_P^2} \cdot V_P \quad (2)$$

두 전압의 차는 식 (1)과 식 (2)로부터 식 (3)과 같이 주어진다.

$$V_2 - V_1 = \frac{2R_{SW} \cdot R_P}{2R_{SW}^2 + 4R_{SW} \cdot R_P + R_P^2} \cdot V_P \quad (3)$$

식 (3)을 이용해  $V_P = +5V$ 일 때 스위치 접점저항  $R_{SW}$ 와 pull-up 저항  $R_P$ 의 비율 변화에 따른 발생 전압차를 엑셀을 이용해 시뮬레이션 하면 그림 3과 같이 전압차가 최대인 지점이 존재한다.

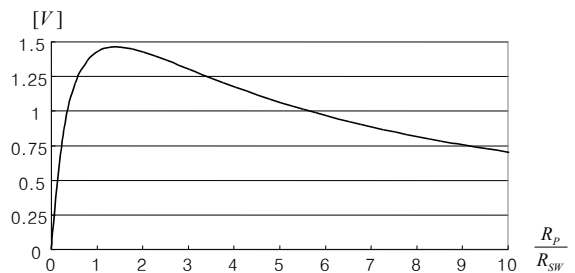


그림 3. 저항 비율에 따른 전압 차

Fig. 3. Voltage difference by ratio of resistances.

두 전압차가 최대인  $R_{SW}$ 와  $R_P$  관계를 구하기 위해 식 (3)을  $R_{SW}$ 에 대해 미분하고 이를 0으로 놓으면,

$$\frac{d}{dR_{SW}} [V_2 - V_1]$$

$$= \frac{(2R_{SW}^2 + 4R_{SW} \cdot R_P + R_P^2) \cdot 2R_{SW}}{(2R_{SW}^2 + 4R_{SW} \cdot R_P + R_P^2)^2}$$

$$- \frac{2R_{SW} \cdot R_P \cdot (4R_{SW} + 2R_P)}{(2R_{SW}^2 + 4R_{SW} \cdot R_P + R_P^2)^2} \cdot V_P = 0$$

이 식의 분자를 0으로 놓아 정리하면 식 (4)와 같은 관계식을 얻는다.

$$R_P = \sqrt{2} \cdot R_{SW} \quad (4)$$

발생하는 전압차를 살펴보기 위해 식 (3)에 식 (4)를 대입하고 정리하면,

$$V_2 - V_1 = 0.2929 \cdot V_P \quad (5)$$

즉 식 (4)의 조건이 만족된 상태에서  $V_P = +5V$ 라면  $R_{SW}$  값에 관계없이 정상-키 전압과 고스트-키 전압 사이에는 1.465V의 전압차가 발생한다.

식 (4)의 조건을 만족하는 상태에서  $R_{SW}$  값에 따른  $V_1$ 과  $V_2$ 의 절대전압을 살펴보기 위해 식 (4)를 식 (1)과 (2)에 각각 대입하면,

$$V_1 = \frac{2R_{SW}^2 + 2\sqrt{2} \cdot R_{SW}^2}{2R_{SW}^2 + 4\sqrt{2} \cdot R_{SW}^2 + 2R_{SW}^2} \cdot V_P = 0.5 V_P$$

$$V_2 = \frac{2R_{SW}^2 + 4\sqrt{2} \cdot R_{SW}^2}{2R_{SW}^2 + 4\sqrt{2} \cdot R_{SW}^2 + 2R_{SW}^2} \cdot V_P = 0.793 V_P$$

즉,  $V_P = +5V$ 인 TTL 전압이라면 다음과 같은 전압이 나타난다.

$$\begin{aligned} V_2 - V_1 &= 1.465 V \\ V_1 &= 2.500 V \text{ (정상-키)} \\ V_2 &= 3.965 V \text{ (고스트-키)} \end{aligned}$$

### 3. 다른 키 조합 상태의 고찰

이상에서 논한 고스트-키는 3개의 키가  $2 \times 2$  정방형으로 눌린 경우였지만, 2인용 게임의 경우 한 사람이 방향키 2개, 어택(attack) 키 2개씩 최대 8개 까지 동시에 누르는 경우가 있고, 안마태 소리글판 배치에서도 최대 8개 까지 동시에 누르며,<sup>[8]</sup> 건반형 키보드의 경우에도 일반적으로 6개에서 8개 까지 동시에 누르므로 여기서는 최대 8개 키가 동시에 눌리는 경우에 한정해 고

찰한다.

8개 키가 동시에 눌리는 경우는  $4 \times 2$ ,  $2 \times 4$ ,  $3 \times 3$ 의 조합들이 있으며, 이후 시뮬레이션 결과에 의하면 그림 4와 같은  $4 \times 2$  조합에서 정상-키와 고스트-키 사이의 전압차가 가장 작게 나타나므로 이를 대상으로 분석한다. 그림 4의 회로에서 고스트-키가 발생하는 Y2를 스캔 할 때의 등가회로를 그림 5에 나타내었다.

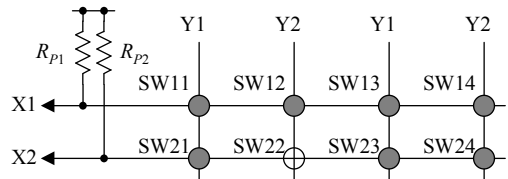


그림 4. 가장 심한 키 조합

Fig. 4. The worst case of key combination.

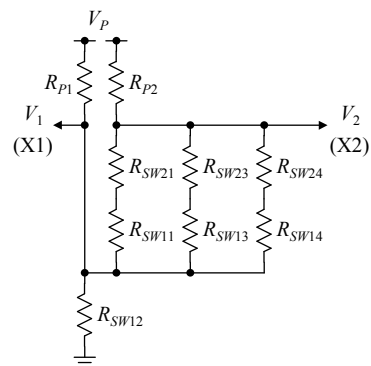


그림 5.  $4 \times 2$  조합의 등가회로

Fig. 5. Equivalent circuit of the  $4 \times 2$  combination.

회로의 분석을 위해 앞서 고찰한 바와 같이 모든  $R_{SW}$  들의 값이 동일하고  $R_P$ 들도 동일하다면  $V_1$ 과  $V_2$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{R_{SW}}{R_{SW} + R_P \parallel \left( R_P + \frac{2}{3} R_{SW} \right)} \\ &= \frac{2R_{SW}^2 + 6R_{SW} \cdot R_P}{2R_{SW}^2 + 8R_{SW} \cdot R_P + 3R_P^2} \cdot V_P \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{\frac{2}{3} R_{SW}}{\frac{2}{3} R_{SW} + R_P} (V_P - V_1) + V_1 \\ &= \frac{2R_{SW}^2 + 8R_{SW} \cdot R_P}{2R_{SW}^2 + 8R_{SW} \cdot R_P + 3R_P^2} \cdot V_P \end{aligned} \quad (7)$$

두 전압의 차는,

$$V_2 - V_1 = \frac{2R_{SW} \cdot R_P}{2R_{SW}^2 + 8R_{SW} \cdot R_P + 3R_P^2} \cdot V_P \quad (8)$$

$R_{SW}$ 에 대해 미분하고 분자를 0으로 놓아 정리하면,

$$R_P = \sqrt{\frac{2}{3}} R_{SW} \quad (9)$$

이를 식 (8)에 대입하면,

$$\begin{aligned} V_2 - V_1 &= \frac{2R_{SW} \cdot \sqrt{2/3} R_{SW}}{2R_{SW}^2 + 8R_{SW} \cdot \sqrt{2/3} R_{SW} + 2R_{SW}^2} \cdot V_P \\ &= 0.151 \cdot V_P \end{aligned}$$

$V_P = +5V$ 인 TTL 전압이라면,

$$\begin{aligned} V_2 - V_1 &= 0.775 V \\ V_1 &= 3.275 V \text{ (정상-키)} \\ V_2 &= 4.051 V \text{ (고스트-키)} \end{aligned}$$

0.775 V의 전압차는 전체 +5 V 전압 중 15.5%에 해당하므로 소자 오차를 감안하더라도 마이크로프로세서에서 충분히 구분해 검출할 수 있다.

마이크로프로세서에서 고스트-키와 정상-키를 판단하기 위한 경계전압은  $4 \times 2$  조합의 전압으로부터

$$V_{th} = \frac{3.275 + 4.051}{2} = 3.663 V \quad (10)$$

로 구할 수 있다.

#### 4. 시뮬레이션

이상에서 구한  $4 \times 2$  조합에 관한 조건이 다른 키 조합의 경우에도 적용될 수 있는지 살펴보기 위해 식 (9)의 저항비를  $2 \times 2$  조합의 경우인 식 (1), (2), (3)에 대입하면  $V_P = +5V$ 일 때 각각 다음과 같다.

$$\begin{aligned} V_2 - V_1 &= \frac{2\sqrt{2/3} \cdot R_{SW}^2}{2R_{SW}^2 + 4\sqrt{2/3} \cdot R_{SW}^2 + \frac{2}{3} R_{SW}^2} \cdot V_P \\ &= 1.376 V \\ V_1 &= \frac{2R_{SW}^2 + 2\sqrt{2/3} \cdot R_{SW}^2}{2R_{SW}^2 + 4\sqrt{2/3} \cdot R_{SW}^2 + \frac{2}{3} R_{SW}^2} \cdot V_P = 3.062 V \\ V_2 &= \frac{2R_{SW}^2 + 4\sqrt{2/3} \cdot R_{SW}^2}{2R_{SW}^2 + 4\sqrt{2/3} \cdot R_{SW}^2 + \frac{2}{3} R_{SW}^2} \cdot V_P = 4.438 V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_2 - V_1 &= 1.376 V \\ V_1 &= 3.062 V \text{ (정상-키)} \\ V_2 &= 4.438 V \text{ (고스트-키)} \end{aligned}$$

즉,  $2 \times 2$  조합에 최적 조건인  $\sqrt{2}$  배율을 적용했을 경우의 차전압 1.465 V보다는 다소 줄었지만,  $4 \times 2$  조합 조건을 이 조합에 적용해도  $4 \times 2$  조합보다 전압차가 크게 나타나므로 충분히 적용될 수 있음을 확인할 수 있다.

이 이외의 키 조합에도 모두 적용될 수 있는지 살펴보기 위해 식 (9)의 조건을 만족하는 저항  $R_P = 1.8K$ 와  $R_{SW} = 2.2K$ 를 그림 6과 같은 조합들을 대상으로 PSPICE를 이용해 시뮬레이션 한 결과를 표 1과 그림 7에 나타내었다. 표 1과 그림 7에 의하면,  $4 \times 2$  조합에 가장 유리한 저항비를 적용했음에도 불구하고 이 조합이 다른 조합들에 비해 전압차가 가장 작으므로  $4 \times 2$ 가 가장 극한의 조합임을 알 수 있다. 따라서 키보드 전체에  $4 \times 2$  조합에 대한 조건을 적용하면 다른 모든 조합에서도 고스트-키를 검출할 수 있다.

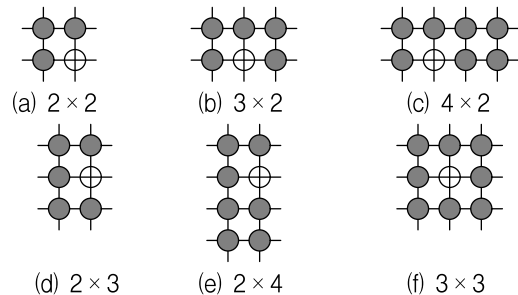


그림 6. 고찰 대상의 키 조합들

Fig. 6. Case study of key combinations.

표 1. 시뮬레이션 결과  
Table1. Result of simulations.

전압[V] 상태	정상	고스트	전압차
단일	2.750	-	-
2 × 2	3.060	4.437	1.377
3 × 2	3.196	4.188	0.992
4 × 2	3.273	4.049	0.776
2 × 3	2.949	4.276	1.327
2 × 4	2.897	4.200	1.303
3 × 3	3.032	3.973	0.941

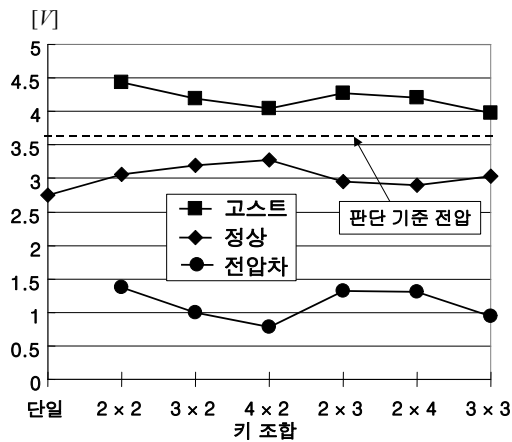


그림 7. 시뮬레이션 결과 그래프  
Fig. 7. The simulation results of detected voltage according to key combinations.

### III. 실험 및 고찰

#### 1. 실험장치의 구성

키보드 필름 코팅의 경우 양산 시스템으로 되어있어 직접적인 실험이 어려우므로 멤브레인 키보드 필름에 여러 가지 물질을 대상으로 코팅을 실시하였다. 연필을 이용한 경우, HB, 4H 등에 관계없이 수 옴 수준의 저항 밖에 얻어지지 않을 뿐만 아니라, 입자가 고정되지 않아 사용할 수 없었고, 시판되고 있는 도전성 도료는 모두 저저항 방향을 주력으로 생산하기 때문에 오히려 큰 저항을 가진 도료는 입수할 수 없었다. 탄소로 구성된 유성 마커펜(상품명 '네임펜')으로 코팅 후 돌기가 있는 실리콘 고무로 누른 경우 접점측으로 되어 약  $500K\Omega$ 의 저항을 나타내었으며 이는 지나치게 값이 커 A/D 변환기 임피던스에 의해 영향을 받으므로 실리콘 고무 돌기를 제거한 후 평평한 실리콘 고무를 덧대 접촉 면적을 넓혀 약  $5K\Omega \sim 6K\Omega$  정도의 저항이 나타나도록 구성한 후 실험에 이용하였다. 단, 수작업으로 도포한 것이므로 도포의 두께, 넓이에 따라 저항값에 심한 차이가 발생해

도포된 점점들의 저항을 조사해 가장 유사한 값이 나타난 점점들의 그룹을 실험 대상으로 사용하였다. 그림 8(a)에 유성 마커펜을 이용해 도포한 점점부를, 그림 8(b)에 이러한 필름을 이용한 실험 장치를 나타내었다.

실험용으로 사용한 필름에서는 도포 상태에 따라 차이가 있지만 점점저항은 평균 약  $5K\Omega$  정도 나타났으며, 이때의 풀-업 저항은 식 (9)에 의해 약  $4.08K\Omega$ 이 되어 실험 회로에서는  $3.9K\Omega$ 에  $180\Omega$ 을 직렬로 사용하였다. 실험장치는 그림 9(a)에 나타난 바와 같이 아날로그-디지털 변환기능이 있는 AVR 프로세서를 이용했고, 실험을 위해 저항값이 비교적 유사한 지점들을 선별해  $4 \times 4$  구조로 구성하였다.

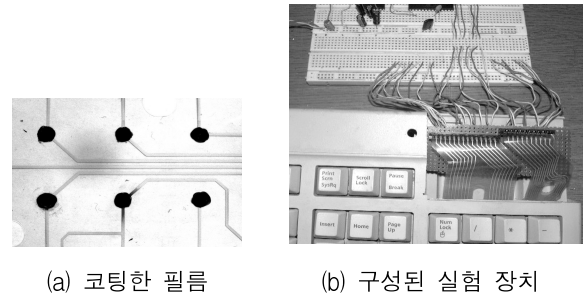
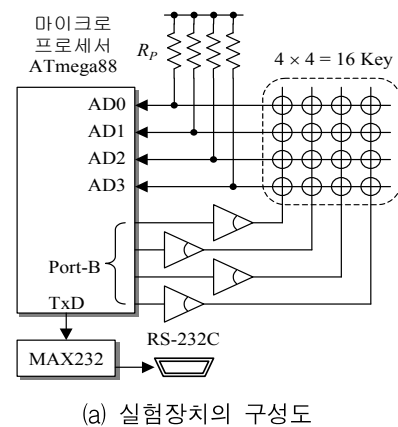
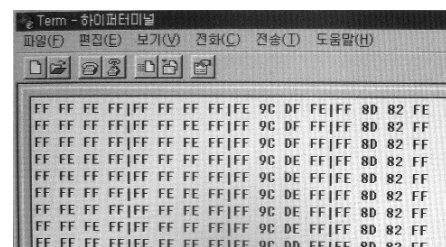


그림 8. 실험용 필름 과 실험 장치  
Fig. 8. Proposed film and circuit for the experiment.



(a) 실험장치의 구성도



(b) 결과 화면의 예

그림 9. 실험 장치의 구성도 및 결과화면  
Fig. 9. Block diagram of experimental setup and result screen.

이 하드웨어를 이용해 스위치 상태를 다이내믹 스캐닝 한 결과가 RS-232C를 경유해 그림 9(b)와 같이 PC에서 16개 스위치의 아날로그-디지털 변환결과를 순서대로 16진수로 나타나도록 하였다.

## 2. 실험 결과

4×4로 구성된 스위치 배열을 다이내믹 스캐닝 한 결과 중 2×2 스위치 조합 시 X축에서 검출된 전압의 예를 그림 10에 나타내었다.

그림에서 구간 ①부터 ④는 각각 행을 스캔하는 구간으로서, 구간 ①과 ②는 스위치가 눌리지 않아 최대 전압인 +5V가 검출되고, 구간 ③은 고스트-키에 의해 발생된 전압, 구간 ④는 정상-키에 의해 발생된 전압으로서 육안으로도 확연히 구분할 수 있음을 알 수 있다.

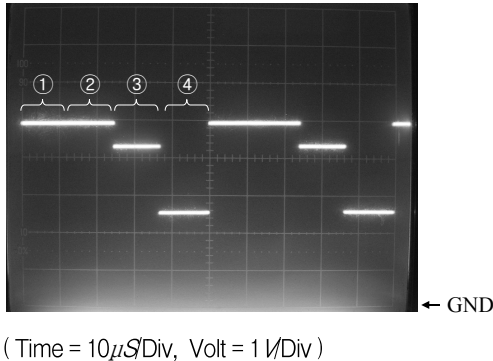


그림 10. 실험결과의 오실로스코프 파형  
Fig. 10. Waveform of the experimental result.

표 2에 스위치의 각 조합에 따른 아날로그-디지털 변환된 검출결과와 이 값을 전압으로 환산한 결과를 나타내었다. 또한 이 값들을 이용해 그림 11에 이론에 의한 전압과 실험에 의한 검출전압을 비교해 나타내었다.

그래프에서 실험을 위해 구성한 스위치의 점점 저항이 정확치 않음으로 인해 이론값과 실험값이 다소 차이가 있지만, 전체적인 형태는 유사함을 알 수 있다.

표 2. 실험 결과  
Table2. Result of experiments.

전압[V] 상태	정상		고스트		전압차
	A/D	전압	A/D	전압	
단일	130	2.549	-	-	-
2 × 2	148	2.902	224	4.392	1.490
3 × 2	162	3.176	208	4.078	0.902
4 × 2	166	3.255	201	3.941	0.686
2 × 3	152	2.980	213	4.177	1.196
2 × 4	150	2.941	209	4.098	1.157
3 × 3	155	3.039	198	3.882	0.843

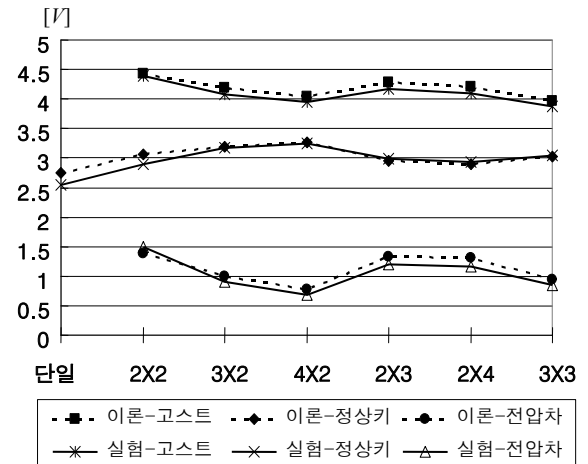


그림 11. 실험결과 그래프  
Fig. 11. Experimental results of detected voltage according to key combination.

## IV. 결 론

본 논문에서는 멤브레인 방식 키보드에서 고스트-키를 검출하는 새로운 방법을 제시하였다. 멤브레인 필름에 간단한 코팅과정의 추가로 하드웨어적인 변경이 이루어지고, 이에 대한 최적의 검출 저항비에 관해 살펴 보았다. 저항비는 검출전압 차가 가장 작은 4×2 조합의 경우에 해당하는  $\sqrt{2/3}$  비율을 적용하며, 다른 키 조합에 대해서도 이 비율을 적용해 고스트-키를 검출할 수 있음을 시뮬레이션 및 실험을 통해 확인하였다.

제시한 방법은 기존의 다른 방법들에 비해 다음과 같은 장점이 있다. 첫째, 단순히 추가적인 코팅과정 한번으로 하드웨어 변경을 가하므로 멤브레인 키보드의 저가형 특징을 훼손하지 않는다. 둘째, 이론적 분석에 의해 최적의 저항값을 설정함에 따라 2×2 키 조합부터 3×3 키 조합까지 다양한 조합에서 모두 고스트-키의 검출이 가능하다. 셋째, 제시한 방법은 멤브레인 방식 키보드뿐만 아니라 개별 스위치 방식 키보드(기계식 키보드)에도 적용할 수 있으며, 이 경우 다이오드 대신 저항 소자를 이용하기 때문에 저가형의 이점은 물론 다이내믹 스캐닝에 의한 다이오드의 고주파 오동작 위험도 제거되는 장점을 얻을 수 있다.

본 논문에서는 실험을 위해 유성 마커펜을 이용해 수작업으로 코팅했기 때문에 저항값에 편차가 커 실험값에 다소 오차가 있지만, 인쇄에 의해 코팅을 실시한다면 더욱 우수한 결과를 얻을 수 있으리라 사료된다.



## REFERENCES

- [1] 坂卷 佳壽美(Sakamaki Kazumi), *實戰的 マイコン 應用技術*, pp. 123-127, CQ 出版, 1982.
- [2] Frank Vahid and Tony Givargis, *Embedded System Design - A Unified Hardware/Software Introduction*, pp. 97-98, John Wiley & Sons, 2002.
- [3] Don Johns, "Membrane Versus Mechanical Keyboards," *Electronic products* Vol.38 No.1, pp. 43, 1995.
- [4] Steven F. Barrett and Daniel J. Pack, *Embedded Systems - Design and Applications*, pp. 313-319, Pearson Prentice-Hall, 2005.
- [5] Ronald J. Tocci and Lester P. Laskowski, *Microprocessors and Microcomputers Hardware and Software*, pp. 271-279, Prentice-Hall, 1982.
- [6] Lan McLoughlin, *Computer Peripherals*, Chap.4, pp. 1-17, Nanyang Technological University, 2001.
- [7] SungKook Han, *Microcomputer - Understanding and Application Design*, pp. 85-92, Jip-Moon-Dang, 1984.
- [8] Matthew Ahn, "Study of Inputting System of Matthew Ahn's Keyboard," *Korean Language Information Science*, Vol.11, No.2, pp.40-46, Dec. 2009.
- [9] Shun-Pin Lin, "Input device with Ghost key suppression," US Patent US8754790B2, Jun. 2014.
- [10] Liu Wen-Tong and Chang Chien-Hui, "Method and system for detecting hidden ghost keys on keyboard matrix," US Patent US8749407B2, Oct. 2014.
- [11] Chun-Hung Cheng and Ying-Wen Bai, "Anti-Ghost Key Design for a Notebook Keyboard," *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, *Proceeding of the IEEE 28th*, pp.577-580, May. 2015.
- [12] Paul H. Dietz and Jonathan Westhues, "Resistive Switch Matrix," US Patent Application Publication US20100066572A1, Mar. 2010.

## 저 자 소 개



이 현 창(정회원)

1986년 단국대학교 전자공학과 학사.

1989년 단국대학교 대학원 전자공학과 석사.

1996년 단국대학교 대학원 전자공학과 박사.

1996년~2004년 국립 천안공업대학 정보통신과 부교수.

2005년~현재 국립 공주대학교 공과대학 정보통신공학부 교수.

<주관심분야: 멀티미디어 회로, 전동기제어, 마이크로프로세서 >



이 명 석(정회원)

2014년 서강대학교 기계공학과 학사.

2016년 서강대학교 대학원 기계공학과 석사.

2016년~현재 현대자동차 전력변환 제어설계팀 연구원.

<주관심분야: 메카트로닉스, 로보틱스, 전동기제어, 전력전자>