

논문 2020-1-10 <http://dx.doi.org/10.29056/jsav.2020.06.10>

# 매트릭스 구성 키보드의 n-키 롤-오버 처리를 위한 소프트웨어 알고리즘에 관한 연구

전호익\*, 이현창\*\*†

## A Study on Software algorithm for Processing n-key roll-over at Matrix Keyboard

Ho-Ik Jun\*, Hyun-Chang Lee\*\*†

### 요 약

본 논문에서는 매트릭스 형태로 구성된 키보드의 다이내믹 스캐닝 검출에 있어 눌리는 키의 수에 제한 없이 모든 키를 감지하는 n-키 롤-오버를 구성할 수 있는 소프트웨어 알고리즘을 제시하였다. 제시한 알고리즘은 컴퓨터 키보드 제어용 마이크로컨트롤러의 타이머 인터럽트를 이용하므로 일정하고 정확한 검출 간격을 얻을 수 있으며, 정확한 디바운스 시간을 부여할 수 있는 장점이 있다. 제시한 알고리즘의 효과를 확인하기 위해 건반 형태로 구성된 장난감 키보드에 마이크로컨트롤러를 접속하고 실험을 진행하였으며, 실험 결과 동시에 눌리는 키의 수에 관계없이 모든 키에 대한 검출이 정확히 이루어짐을 확인하였다.

### Abstract

In this paper, we propose a software algorithm that can configure n-key roll-over that detects all keys without limitation on the number of pressed keys in the dynamic scanning detection of a keyboard composed of a matrix. The proposed algorithm uses the timer interrupt of the microcontroller for computer keyboard control, so that a constant and accurate detection interval can be obtained, and an accurate debounce time can be provided. In order to confirm the effectiveness of the proposed algorithm, a microcontroller was connected to a toy keyboard constructed in the form of a clavier and experiments were conducted. As a result of the experiment, it was confirmed that detection of all keys was performed accurately regardless of the number of keys pressed.

**한글키워드** : 매트릭스, 키보드, n-키 롤-오버, 다이내믹 스캐닝, 타이머 인터럽트

**keywords** : matrix, keyboard, n-key roll-over, dynamic scanning timer interrupt

\* 해전대학교 전기과

\*\* 공주대학교 정보통신공학부

† 교신저자: 이현창(email: hcllee@kongju.ac.kr)

접수일자: 2020.06.01. 심사완료: 2020.06.08.

게재확정: 2020.06.19.

## 1. 서 론

컴퓨터가 초기에 보급되었던 과거에는 개별부품을 이용해 구성된 개별 스위치 방식 키보드(일

명 "기계식 키보드"라 한다)를 사용했으나[1], 최근의 급속한 컴퓨터 보급에 힘입어 현재는 저렴하고 대량생산이 가능한 멤브레인 키보드가 대부분 사용된다[2].

개별 스위치 방식 키보드와 멤브레인 방식 키보드는 검출용 마이크로컨트롤러의 제한된 포트를 이용해 많은 수의 키를 검출하기 위해 매트릭스 형태로 구성된 다이내믹 스캐닝 방식을 이용한다[3][4]. 그러나 매트릭스 구조에 의해 허상 키(phantom key) 현상이 반드시 존재하며[5], 이는 개별 스위치 방식에서는 역방향 전류를 저지하는 다이오드에 의해 쉽게 제거가 가능하지만, 추가적인 부품의 설치가 거의 불가능한 멤브레인 방식의 경우에는 허상 키를 제거하기 어려우므로 일반적인 멤브레인 키보드에서는 허상 키가 발생하기 시작하는 3개 키를 동시에 누를 경우 마이크로컨트롤러에서 입력을 금지시키는 방법으로 방어한다.

일반적인 키보드의 사용에 있어서 3개 키를 동시에 누르는 경우는 거의 없으므로 2-키 롤-오버 기능은 실용상 문제가 발생하지 않으나, 컴퓨터의 활용분야가 넓어지면서 복잡한 게임이나 건반 형태로 구성된 키보드와 같이 여러 키를 동시에 검출해야 하는 필요성이 점차 증가하였다. 이러한 추세에 따라 최근에는 비싼 가격으로 인해 사라졌던 개별 스위치 방식 키보드가 다시 등장하였으며, 게임 이용자가 많은 PC방의 경우 필수 설치사항으로 자리 잡았다. 한편 멤브레인 방식 키보드에서도 3개 키 이상이 눌렸을 때 발생하는 허상 키 현상을 감지하고 제거할 수 있는 연구가 진행되었다. Lee[6]는 멤브레인 키보드의 접점에 추가적인 코팅에 의해 허상 키와 정상 키를 구분할 수 있는 방법을 제시하였으며, Kwon[7]은 고무접점 키보드에서 허상 키와 정상 키를 구분할 수 있는 방법을 제시하는 등 다양한 연구가 진행되어[8][9] 현재는 허상 키가 발생되지 않도록 개

선되었으나, 이를 검출하는 소프트웨어의 한계에 의해 여전히 동시에 눌린 스위치를 검출하는 수에 제약을 받는다.

본 논문에서는 허상 키가 발생하지 않는 하드웨어를 지닌 키보드에서 검출 수에 제한을 받지 않는 'n-키 롤-오버'를 구현하기 위한 소프트웨어 알고리즘을 제시하고자 한다. 제시하는 알고리즘은 검출 수의 제약 없이 모든 스위치를 검출할 수 있음은 물론, 기본적으로 제어용 마이크로컨트롤러의 타이머 인터럽트를 이용하므로 키의 다이내믹 검출시간 간격을 매우 정확하게 유지할 수 있는 장점도 지닌다. 제시한 알고리즘의 효과를 입증하기 위해 건반형으로 구성된 키보드를 이용해 실험 장치를 구성하고, 동시에 눌리는 스위치 수에 관계없이 모든 스위치를 검출할 수 있음을 실험적으로 보인다.

## 2. 키보드의 다이내믹 스캐닝

### 2.1 다이내믹 스캐닝의 원리

그림 1에 다이내믹 스캐닝(dynamic scanning)의 구성도를 나타내었다[3][4].

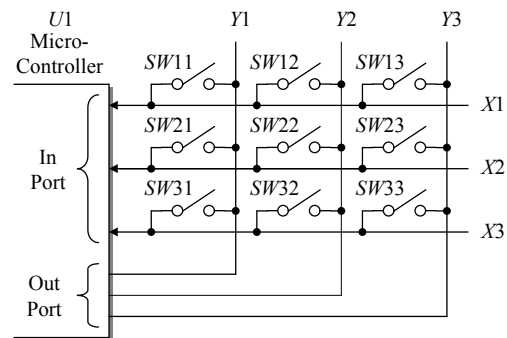


그림 1. 다이내믹 스캐닝의 예  
Fig. 1. Example of the dynamic scanning

출력포트의 신호를 오픈-컬렉터를 통해 공급

하면 신호가 공급되는 열(column) 라인에 접속된 스위치들의 상태를 검출할 수 있으며, 따라서 마이크로컨트롤러가 열 라인의 신호들을 전환하며 출력하면 적은 포트를 이용해 많은 수의 스위치 상태들을 모두 검출할 수 있다. 예를 들어 8행, 16열로 구성하는 경우 마이크로컨트롤러의 3개 8-비트 포트를 이용해 최대 256개의 스위치를 검출할 수 있다.

### 2.2 스위치 검출 방법 및 문제점

그림 2에 한 스위치에 대한 상태의 예를 나타내었다.

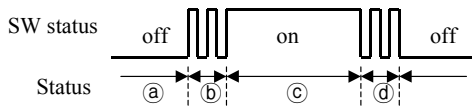


그림 2. 스위치의 상태 예  
Fig. 2. Example of switch status

스위치가 눌리지 않은 그림 2의 ㉑ 상태에서는 다이내믹 스캐닝을 지속하지만, 스위치가 눌린 직후인 ㉒상태에서는 스위치 접점에 의한 채터링(chattering) 현상이 발생하므로 이를 제거하기 위해 최소 20mS 이상 시간지연이 필요하고, 스위치가 off된 직후인 ㉓상태에서도 동일한 동작이 필요하다. 이와 같은 채터링 제거시간을 확보하기 위해 마이크로컨트롤러는 소프트웨어에 의해 시간지연을 진행하며, 이 동안 다이내믹 스캐닝이 중단된다. 이후 스위치의 상태를 버퍼 메모리 등에 저장하고 다른 스위치들을 검출하기 위해 다이내믹 스캐닝을 계속 진행한다.

일반적으로 이와 같은 순차적인 방식에 의해 모든 스위치를 검출할 수 있으나, 그림 3과 같이 동시에 여러 스위치 상태가 진행되는 경우, 즉 'A'와 'B' 키가 동시에 눌리거나 'B'키의 채터링 처리 시간동안 'C'키가 눌린 것과 같이 복잡한 처리를 행할 경우 'A'키의 채터링부터 'D'키의

채터링까지 연속되므로 이들 사이에 상당한 시간차가 발생해 이후에 처리할 스위치의 검출에서 정확한 타이밍의 동시처리가 매우 어려워지는 문제점이 발생한다.

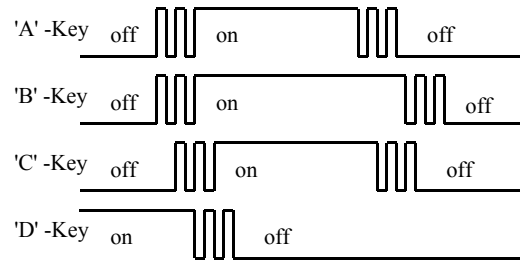


그림 3. 동시 스위치 검출의 예  
Fig. 3. Example of detecting switch simultaneously

### 3. n-키 롤-오버 알고리즘

각 키들은 모두 동시성(concurrency)을 유지하기 위해 정해진 시간에 주기적으로 스위치 상태를 점검하고, 처리 과정 중에는 루프 등과 같은 시간지연 요소가 포함되지 않아야 한다. 따라서 한 키를 처리할 순서가 되었을 때 이 키에 대한 이전에 진행되었던 상태를 기억할 필요가 있으며, 키의 상태는 그림 4에 나타낸 바와 같이 스위치가 눌리지 않은 상태를 0, 스위치가 눌린 후의 채터링 상태를 1, 스위치가 눌러 있는 상태를 2, 스위치가 off되면서 채터링 상태를 3의 4가지 상태로 할당한다.

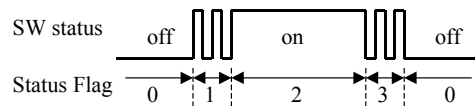


그림 4. 스위치 상태 플래그의 할당  
Fig. 4. Assignment status flag to switches

각 키들은 또한 채터링 시간을 카운트하기 위해 채터링 카운터 변수들을 하나씩 할당한다. 각

키에 대한 처리 상태를 그림 5에 나타내었다.

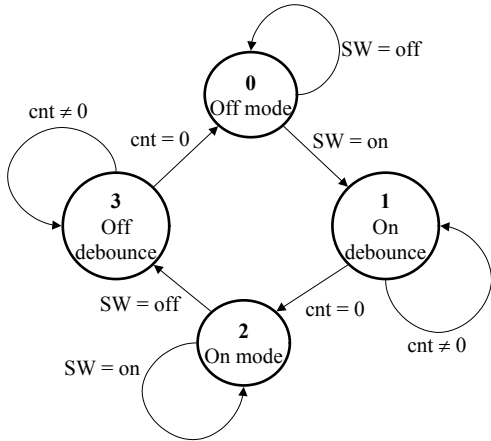


그림 5. 각 키의 처리 상태도  
Fig. 5. Status diagram of each key

각 상태들은 한 처리 과정 중에 연속으로 처리하는 것이 아니라, 타이머 인터럽트에 의해 처리 루틴으로 진입했을 때, 해당 키의 상태에 대한 1개 단위의 동작만 수행하고 종료하도록 구성한다. 예를 들어 타이머 인터럽트의 발생시간을 전체 키에 대한 다이내믹 스캐닝이 1ms마다 1회 이루어지도록 구성한다면, 한 키의 처리는 1ms마다 진행되므로 채터링 카운터를 20으로 설정하면 채터링 처리 단계가 20회째 진행될 때 20ms의 시간이 충족되므로, 이와 같은 방법으로 각 스위치마다 독립적인 채터링 제거시간이 유지될 수 있다.

그림 5의 상태도가 모든 키에서 타이머 인터럽트가 발생할 때 마다 순차적으로 실행될 수 있도록 그림 6과 같이 각 상태의 단계별 플로차트로 구현할 수 있다. 그림 6(c)-(f)의 플로차트에서 프로그램의 흐름 중에는 루프를 형성하지 않고, 시간의 흐름은 이 플로차트를 경유한 횟수를 카운트함으로써 처리되며, 결과적으로 프로그램의 흐름은 한 스위치 상태에 머무르지 않아 처리의 동시성이 확보될 수 있다.

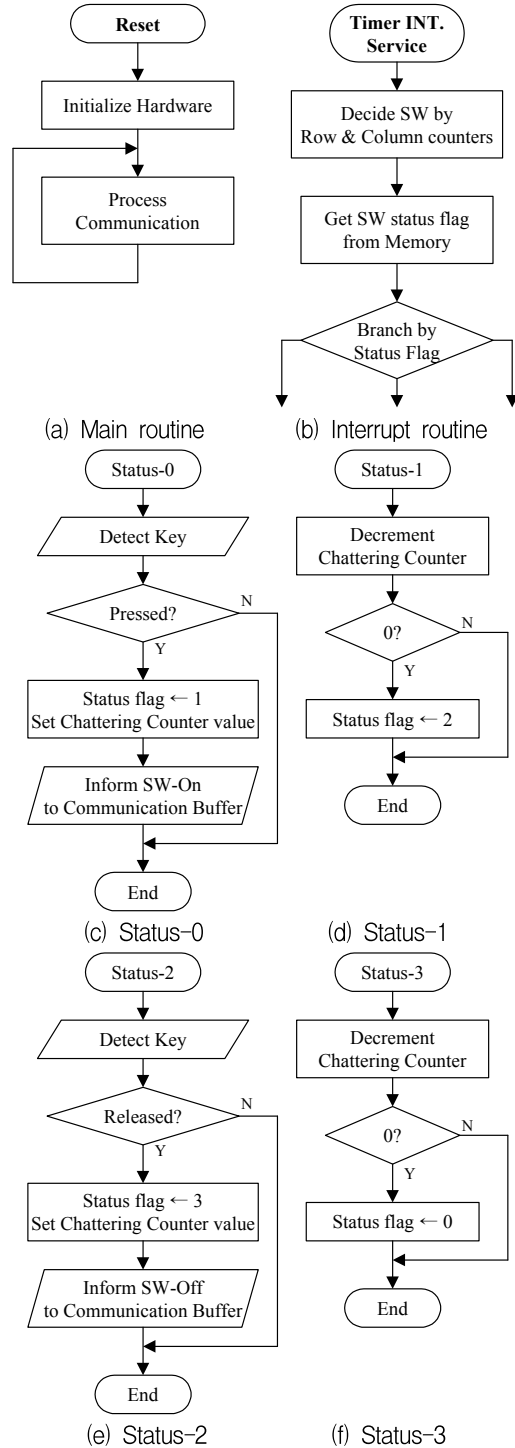


그림 6. 키의 상태별 처리 흐름도  
Fig. 6. Flowchart for each key-status

#### 4. 실험 및 고찰

본 논문에서 제시한 알고리즘의 효과를 분석하기 위해 그림 7(a)에 나타난 바와 같이  $4 \times 8$ 의 32개 키로 구성된 건반형태의 장난감 키보드를 이용해 하드웨어를 구성하고, 이를 제어하는 마이크로컨트롤러에 알고리즘을 구현하였다. 건반의 검출상태를 확인하기 위해 그림 7(b)와 같이 마이크로컨트롤러의 직렬통신 출력을 RS-232C를 경유해 PC의 터미널로 검출결과를 출력하도록 구성하였다. 이 때 타이머 인터럽트는  $32KHz$ 로 발생시켜 전체적인 스캐닝 주기가  $1mS$ 를 유지하도록 하였다.

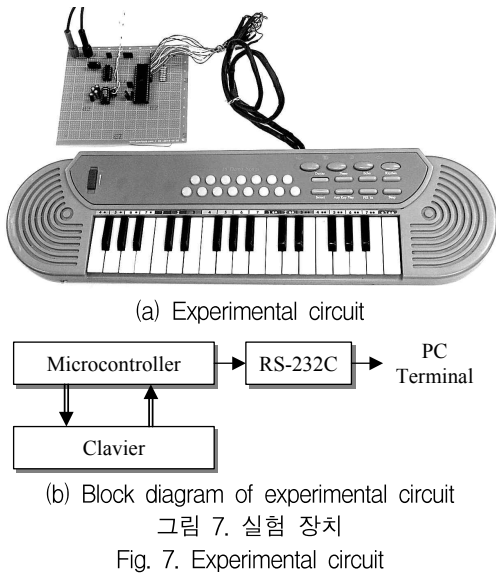


Fig. 7. Experimental circuit

그림 8은 여러 사람이 모든 스위치를 손을 떼지 않고 순차적으로 누른 후 순차적으로 손을 떼었을 때의 검출결과가 터미널에 출력된 것을 나타낸 것으로서, 첫째 숫자는 매트릭스의 행 번호, 둘째 숫자는 열 번호이고 마지막의 글자가 1이면 키가 on 된 것, 0이면 off된 것을 표시한 것이다. 실제로 눌렀던 키와 이의 검출결과를 대조한 결

과 모든 키에 대한 상태가 정확히 검출됨을 확인하였다.

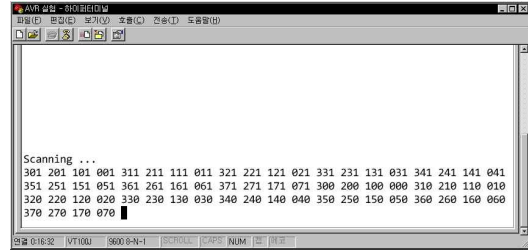


그림 8. 실험 결과

Fig. 8. Result of experiment

#### 5. 결론

본 논문에서는 다이내믹 스캐닝 방법으로 많은 수의 스위치를 검출하는 키보드에서 눌러는 키의 수량에 관계없이 모든 키를 검출할 수 있는 알고리즘을 제시하였다. 제시한 알고리즘은 프로그램의 복잡성을 피하면서도 동시(concurrency)성을 확보하기 위해 처리용 마이크로컨트롤러의 타이머 인터럽트 기능을 이용하였다. 이에 따라 동시에 눌러있는 모든 스위치의 검출이 가능하면서도 각 스위치에서 정확한 검출 타이밍을 얻을 수 있는 이점 또한 발생한다.

제시한 알고리즘의 효과를 확인하기 위한 간단한 건반형 키보드 형태의 하드웨어를 구성하고 제어용 마이크로컨트롤러에 본 알고리즘을 구현해 실험을 진행한 결과 동시에 눌러는 모든 스위치를 놓치지 않고 모두 검출해 터미널에 보고하는 결과를 확인하였다. 이에 따라 동시에 여러 키를 누르는 목적의 키보드, 예를 들어 게임용, 건반형, 안마태 입력방식[10] 등에서 입력 키 제약 없이 모두 적용할 수 있어 다이내믹 방식 검출 키보드의 응용범위가 한층 넓어질 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고 문헌

- [1] Frank Vahid, Tony Givargis, Embedded System Design - A Unified Hardware/Software Introduction, pp.97-98, John Wiley & Sons, 2002. ISBN: 978-0-471-38678-0
- [2] Don Johns, "Membrane Versus Mechanical Keyboards", Electronic products vol.38 no.1, pp.43, 1995. www.electroproducts.com/Electromechanical\_Components/Membrane\_versus\_mechanical\_keyboards.aspx
- [3] Steven F. Barrett, Daniel J. Pack, Embedded Systems - Design and Applications, pp.313-319, Pearson Prentice-Hall, 2005. ISBN: 0-13-140141-6
- [4] Ronald J. Tocci, Lester P. Laskowski, Microprocessors and Microcomputers Hardware and Software, pp.271-279, Prentice-Hall, 1982. ISBN: 0-07-100248-0
- [5] Lan McLoughlin, Computer Peripherals, Chap.4, pp.1-17, Nanyang Technological University, 2001.
- [6] HyunChang Lee, MyungSeok Lee, "A study on Detecting a Ghost-key using Additional Coating at the Membrane type Keyboard", Journal of IEIE vol.53, no.7, pp.56-63, Jul. 2016. DOI: 10.5573/ieie.2016.53.7.01
- [7] Sung-Yeol Kwon, Hyun-Chang Lee, "A Study on the Method of Detecting the Ghost-Key Phenomenon of Rubber Contact Switch Type Remote Controller for the Smart-TV", IJET, vol.7, no.3.24, pp.153-157, 2018. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.24.22526
- [8] Shun-Pin Lin, "Input device with Ghost key suppression", US Patent US8754790B2, Jun. 2014.
- [9] Chun-Hung Cheng, 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.
- [10] 안마태, "안마태 소리글판의 한글과 중국어 입력방식", 한국어정보학회지 제11권 2호, 40-46쪽, 2009년 12월.

## 저자 소개



전호익(Ho-ik Jun)

1984.2 단국대 전자공학과 학사  
 1986.8 단국대 전자공학과 석사  
 1997.8 단국대 전자공학과 박사  
 1992.10 - 현재 해전대학교 전기과 부교수  
 <주관심분야> 멀티미디어 회로, 전동기 제어, 마이크로프로세서



이현창(Hyun-Chang Lee)

1986.2 단국대 전자공학과 학사  
 1989.8 단국대 전자공학과 석사  
 1996.2 단국대 전자공학과 박사  
 1996.3-2004 국립 천안공업대학  
 정보통신과 부교수  
 2005.3-현재 국립 공주대학교 공과대학  
 정보통신공학부 교수  
 <주관심분야> 멀티미디어 회로, 전동기 제어, 마이크로프로세서, 임베디드소프트웨어