

# 위치인식이 가능한 Pull Cord 스위치 시스템에 대한 연구

최남섭\*

\*여수대학교

## A Study on Pull Cord Switch System with Position Sensing Function

Nam-sup Choi\*

Yosu National University

E-mail : nschoi@yosu.ac.kr

### 요 약

본 연구에서는 각종 산업 현장의 라인에 긴급 정지 장치로 병설되는 풀 코드 스위치의 동작 위치를 판별하는 시스템에 대하여 다룬다. 본 논문에서는 스위치에 일정한 ohmic 저항을 삽입하고 스위치의 연결 상태에 따라 저항값이 변하는 것을 검출하여 어느 스위치가 동작했는지 판별하는 방안을 제시한다. 또, 본 연구에서는 인식률을 제고하기 위한 회로구성을 제안하고 전형적인 특성을 보이며, 동작된 스위치의 위치를 PLC에서 인식할 수 있는 장치를 개발하는 것이 목적이다.

### ABSTRACT

This paper presents a study on pull cord switch system which is employed in various industry for emergency stop of the equipments. In this paper, a new method for operation position detection of pull cord switch is suggested which is based on sensing operation position by detecting input resistance variation due to switching operation of pull cord switches with respective ohmic resistors. Moreover, this paper proposes a resistor circuit structure in order to improve recognition rates. Finally, this paper treats a system where such operating switches can be read by PLC.

### 키워드

Pull Cord 스위치, 위치인식, 긴급장치, PLC

## 1. 서 론

풀 코드 스위치(Pull Cord Switch)는 원료 운반 설비 및 물류설비의 벨트 컨베이어의 사고 및 긴급상황 등의 이상 발생시 긴급히 컨베이어를 운전 중 비상 정지 시켜야 할 필요가 있을때 Wire를 이용하여 정지시키는 스위치이다.<sup>[1-3]</sup>

이러한 풀 코드 스위치는 그림 1과 같이 벨트 컨베이어를 따라 대략 50 m 간격으로 다수개가 직렬로 컨베이어의 길이만큼 연결되어 있고, 긴급하게 동작하는 벨트라인을 정지시킬 때는 풀 코드 스위치에 연결된 선을 잡아당겨 선에 가장 인접하게 연결된 풀 코드 스위치를 OFF 시킴으로써 릴레이를 동작시켜 전체 벨트라인의 전원을 차단하는 것이다. 그런데, 제철소의 철광석 운반 설비의 경우 컨베이어 벨트의 길이가 1km 이상도 많기 때문에 한번 풀 코드 스위치가 동작하여 벨트라인이 정지하면 동작된 풀 코드 스위치의

위치 찾는데 모든 풀 코드 스위치를 각각 다 점검해야 하므로 시간이 많이 걸린다. 또한, 우천 시나 폭한의 경우 옥외에 설치된 풀 코드 스위치를 일일이 점검하는 것은 매우 번거로운 작업이 될 뿐만 아니라 이러한 일에 인력이 투입됨으로써 효율적인 생산 인력의 운용에 저해가 되기도 한다.

지금까지 풀 코드 스위치의 동작 위치를 인식하는 방법은 별도의 유선 케이블을 각 스위치마다 연결하는 방법<sup>[2]</sup>과 위치 인식을 위한 무선 모듈을 각 스위치마다 장착하는 방법<sup>[3]</sup>이 있다. 먼저, 각각의 풀 코드 스위치마다 케이블을 포설하는 방법은 전체 컨베이어 벨트 라인의 길이가 수백 미터를 넘는 경우 케이블 가설의 어려움이 있을 뿐더러, 외부 작업환경에 노출된 상태에 있으므로 케이블 유지관리의 어려움 또한 상존한다.

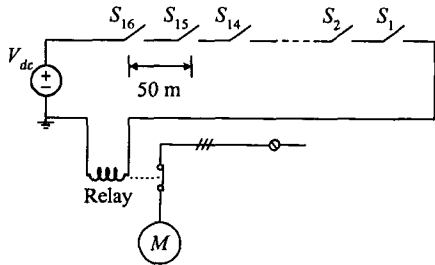


그림 1. 풀 코드 스위치의 동작  
Fig. 1 Operation of pull cord switches.

그러므로, 최근에는 각 풀 코드 스위치에 무선 모듈을 장착하여 무선으로 동작된 스위치의 위치를 인식하는 방안도 제시되고 있다. 그러나 무선 풀 코드 스위치는 전자회로로 이루어진 무선 장치를 내장함으로써 고장률이 잦고, 생산 제조비용이 증가되며, 궁극적으로 내구성과 수명이 떨어진다는 단점이 있다.

본 연구에서는 각각의 풀 코드 스위치에 일정한 ohmic 저항을 삽입하고 스위치의 연결 상태에 따라 입력저항이 변동하는 원리를 이용하여, 동작된 풀 코드 스위치에 위치를 검출하는 방법을 제안한다. 이 경우 풀 코드 스위치의 제조 비용은 단지 저항 2, 3개 첨가되는 정도로 증가할 뿐이며, 옥외의 악조건의 작업환경에서도 내구성을 유지할 수 있다. 또한, 단지 2개의 스위치 라인만을 갖는 기존의 연결선은 그대로 유지한 채, 기존의 가설된 풀 코드 스위치를 ohmic 저항을 갖는 것으로 대체함으로써 교체가 쉬운 장점도 갖는다.

본 논문에서는 인식률을 제고하기 위한 저항 회로를 제시하고, PLC에서 위치인식이 가능한 시스템 구성을 보인다.

## II. 동작 원리

본 논문에서는 풀 코드 스위치와 저항을 혼용하여 스위치의 연결 상태에 따라 입력저항이 변동하는 원리를 이용하여, 동작된 풀 코드 스위치에 위치를 검출하는 방법을 제안한다. 그림 2는 제안된 풀 코드 스위치 시스템의 개념도를 나타낸다.

그림 2에서 저항을 포함하는 풀 코드 스위치 세트의 스위치 상태에 따라 입력저항  $R_{in}$ 이 변하고, 일정한 직류전원  $V_{dc}$ 가 인가되었을 때,  $R_{in}$ 에 따라  $I_{dc}$ 가 정해지고,  $I_{dc}$ 는 센싱 저항  $R_m$ 에 인가된  $v_m$ 을 읽어 정한다.<sup>[4]</sup> 즉, 그림 2의 A/D 변환된 결과는 풀 코드 스위치의 연결 상태에 따라 어느 한 상태로 정해진다. A/D 변환된 결과의 데이터가 모든 스위치의 ON상태가 아니고 어느 한 스위치라도 OFF되었음을 나타낼 때는 즉시 긴급 정지 릴레이(emergency stop relay)를 동작시켜

전동기의 전원을 차단하도록 한다. 동시에 A/D 변환된 디지털 데이터를 이용하여 이를 PLC에서 읽어들이어 어느 스위치가 동작했는지 판별할 수 있다.<sup>[5]</sup>

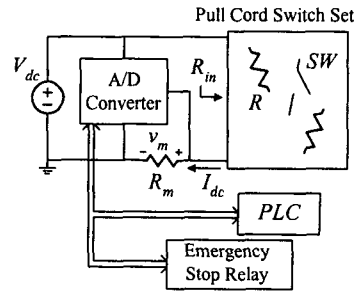


그림 2. 제안된 풀 코드 스위치 시스템  
Fig. 2 Proposed pull cord switch system.

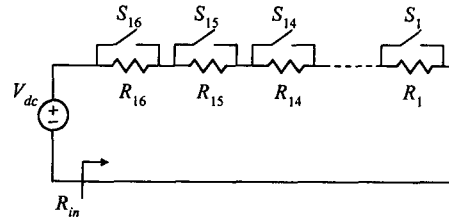


그림 3. 직렬형 풀 코드 스위치 시스템  
Fig. 3 Serial type pull cord switch system.

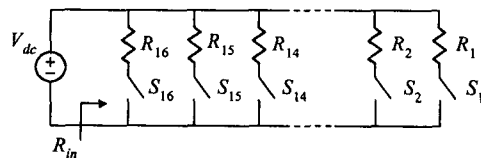


그림 4. 병렬형 풀 코드 스위치 시스템  
Fig. 4 Parallel type pull cord switch system.

그림 3과 그림 4는 가장 단순한 형태의 풀 코드 스위치 세트를 나타낸다. 그림 3은 풀 코드 스위치가 직렬로 연결된 직렬형을 나타내고 정상 동작시 모든 스위치는 ON 상태이고 이론적으로 입력저항은 0이 된다. 한 개 또는 그 이상 다수개의 스위치를 OFF하면 스위치에 병렬로 연결된 저항이 삽입되어 입력저항은 그만큼 증가하게 된다. 마찬가지로, 그림 4는 풀 코드 스위치가 병렬로 연결된 병렬형을 나타내고 정상동작시 모든 스위치가 ON되어 모든 저항이 병렬 연결된 합성 저항을 입력저항으로 갖는다. 이 경우에도 한 개 또는 그 이상 다수개의 스위치를 OFF하면 스위치에 병렬로 연결된 저항이 제거되어 입력저항은

증가하게 된다.

그림 3과 그림 4에서 스위치의 모든 연결상태를 검출하기 위하여 저항값은 다음과 같이 정한다.

$$R_i = R \cdot 2^{i-1} \quad (1)$$

스위치의 ON 또는 OFF 상태를 나타내는 스위칭 함수(switching function)  $S(t)$ 를 다음과 같이 정의한다.

$$S(t) = \begin{cases} 0 : OFF \\ 1 : ON \end{cases} \quad (2)$$

그림 3의 풀 코드 스위치 시스템의 입력저항은

$$R_{in} = S_1 R_1 + S_2 R_2 + \dots + S_{15} R_{15} + S_{16} R_{16} \\ = R \cdot \sum_{i=0}^{16} (S_i \cdot 2^{i-1}) \quad (3)$$

가 된다.

마찬가지로 그림 4의 경우, 입력 컨덕턴스는,

$$G_{in} = \frac{S_1}{R_1} + \frac{S_2}{R_2} + \dots + \frac{S_{15}}{R_{15}} + \frac{S_{16}}{R_{16}} \\ = \frac{1}{R} \cdot \sum_{i=0}^{16} (S_i \cdot 2^{1-i}) \quad (4)$$

가 된다.

식 (3)과 식 (4)에서 보듯이 저항값을 (1)과 같이 정하면 이론적으로 모든 스위치의 연결상태를 overlap없이 검출 할 수 있다. 그러나 직렬형이나 병렬형의 경우 스위치의 개수가 증가하면 저항값의 범위가 급격히 커지므로 실제 적용의 어려움이 존재한다. 또한, 풀 코드 스위치를 제조하는 경우 서로 다른 저항을 각기 삽입한 스위치를 제작하여야 하므로 비효율적이기도 하다. 다음 절에서는 이러한 단점을 개선하는 모델에 대하여 다룬다.

### III. 직병렬 A형 풀 코드 스위치

그림 5는 16 비트로 표현되는 직병렬 A형 풀 코드 스위치 시스템을 나타낸다. 이러한 풀 코드 스위치 시스템의 단위 스위치의 구조는 그림 6(a)와 같다. 여기서 저항비  $a$ 는 스위치의 상태를 모두 식별하기 위한 design factor이며  $R_f$ 는 마감저항(ending resistor)이다. 그림 5의 스위치의 수가  $N$ 일 때, 합성 저항은 그림 6(b)에서와 같이 다음의 순차식으로 구할 수 있다.

$$G_1 = \frac{S_1}{aR} + \frac{1}{R_f} \quad (5)$$

$$G_i = \frac{S_i}{aR} + \frac{G_{i-1}}{1 + RG_{i-1}} \quad (i=2, 3, \dots, N) \quad (6)$$

$$R_{in} = R + \frac{1}{G_N} \quad (7)$$

그림 7은  $R=10\Omega$ ,  $a=2$ ,  $R_f=20\Omega$  6 비트 시스템의 경우 스위치 조합에 따른  $R_{in}$ 의 변화를 나타낸다. 여기서  $S_{dec}$ 는 스위치의 상태를 나타내는

십진수 변수로 다음과 같다.

$$S_{bin} = (S_6 S_5 S_4 S_3 S_2 S_1) = S_{dec} \quad (8)$$

그림 7에서 0로 표시된 상태는 풀 코드 스위치가 단일 또는 인접한 한 쌍의 스위치만 OFF되도록 동작하는 경우이며 일반적으로 이러한 경우가 제일 많으므로 이러한 상태에 대한 인식이 특히 중요하다.

그림 7에서 보듯이 풀 코드 스위치 시스템의 끝단으로 갈수록 인식이 어려운 단점이 있다. 또한, 스위치 상태값  $S_{dec}$ 에 따라  $R_{in}$ 이 거의 반비례하는 특성을 보이고 불균일하게 산재한 것은 인식이 잘되는 코드와 인식이 어려운 코드의 편차가 심하다는 것을 나타낸다.

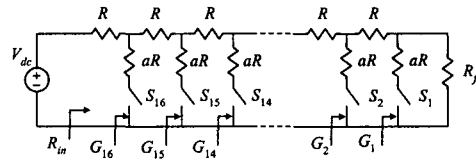


그림 5. 직병렬 A형 풀 코드 스위치 시스템  
Fig. 5 Series-Parallel A type pull cord switch system.

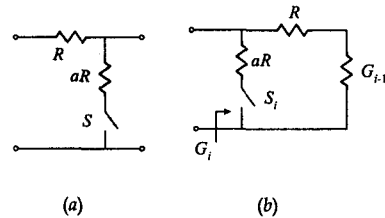


그림 6. 직병렬 A형: (a) 단위 풀 코드 스위치, (b) 컨덕턴스의 합성  
Fig. 6 Series-Parallel A type: (a) unit pull cord switch, (b) composition of conductance.

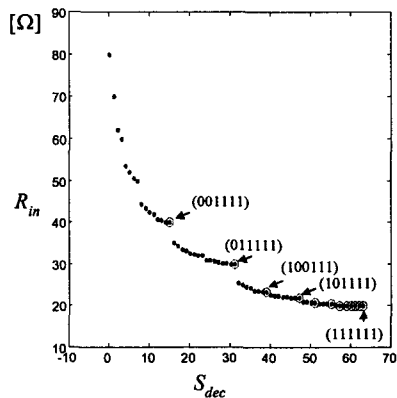


그림 7. 직병렬 A형에서  $S_{dec}$ 에 따른  $R_{in}$ 의 변화  
Fig. 7  $R_{in}$  vs.  $S_{dec}$  in Series-Parallel A type.

#### IV. 직병렬 B형 풀 코드 스위치

그림 8은 16 비트 직병렬 B형 풀 코드 스위치 시스템을 나타낸다. 이 경우 단위 스위치의 구조는 그림 9(a)와 같고 (b)는 합성저항을 구하기 위한 회로이다. 또, 저항비  $a$ 는 직병렬 A형에서와 마찬가지로 design factor이며  $R_f$ 는 마감저항이다. 스위치의 수가  $N$ 일 때 합성 저항은 다음과 같다.

$$G_1 = \frac{1}{aR} + \frac{1}{R_f} \quad (9)$$

$$G_i = \frac{1}{aR} + \frac{G_{i-1}}{1 + RG_{i-1}(1 - S_{i-1})} \quad (i=2, 3, \dots, N) \quad (10)$$

$$R_{in} = (1 - S_N)R + \frac{1}{G_N} \quad (11)$$

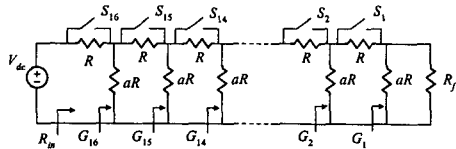


그림 8. 직병렬 B형 풀 코드 스위치 시스템  
Fig. 8 Series-Parallel A type pull cord switch system.

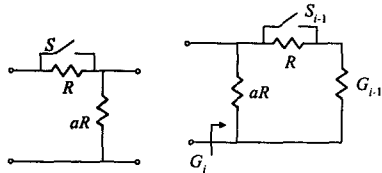


그림 9. 직병렬 B형: (a) 단위 풀 코드 스위치, (b) 컨덕턴스의 합성

Fig. 9 Series-Parallel B type: (a) unit pull cord switch, (b) composition of conductance.

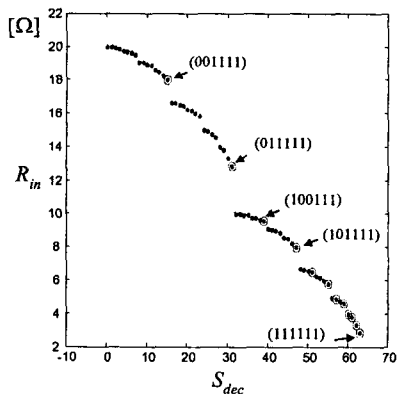


그림 10. 직병렬 B형에서  $S_{dec}$ 에 따른  $R_{in}$ 의 변화  
Fig. 10  $R_{in}$  vs.  $S_{dec}$  in Series-Parallel B type.

그림 10은  $R=10\Omega$ ,  $a=2$ ,  $R_f=20\Omega$ 인 6 비트 시스템의 경우 스위치 조합에 따른  $R_{in}$ 의 변화를 나타낸다. 그림 7에서와 마찬가지로 0로 표시된 상태는 풀 코드 스위치가 단일 또는 인접한 한 쌍의 스위치만 OFF되도록 동작하는 경우를 나타낸다.

그림 10에서 보듯이 직병렬 B형 풀 코드 스위치 시스템에서는 A형에서와 같이 끝단으로 갈수록 인식이 어려운 단점이 개선되어 있다. 또한, 스위치 상태값  $S_{dec}$ 에 따라  $R_{in}$ 이 대체로 정비례하는 특성을 보이고 저항값이 균일하게 산재한 특성을 나타내므로 거의 모든 스위치 조합에서 인식이 개선됨을 볼 수 있다.

#### V. 결론

본 논문에서는 각각의 풀 코드 스위치에 일정한 ohmic 저항을 삽입하고 스위치의 연결 상태에 따라 입력저항이 변동하는 원리를 이용하여, 동작된 풀 코드 스위치에 위치를 검출하는 방법을 제안하였다. 또한, 제조 공정상의 간편함과 인식률을 제고하기 위한 직병렬 형태의 저항 회로를 제안하고 스위치의 상태에 따른 저항값이 경향적으로 선형적인 변동을 보임을 관찰함으로써 풀 코드 스위치의 위치인식 시스템으로 적용이 가능함을 확인하였다.

본 연구는 중소기업청지원 제11차(2003년도) 산학연 공동기술개발 지역컨소시엄 과제 연구 결과의 일부이며 지원에 감사 드립니다.

#### 참고문헌

- [1] <http://www.conveyorcomponents.com>
- [2] <http://www.seg.co.kr>
- [3] <http://www.jeil21.co.kr>
- [4] 박송배 저, 알기쉬운 회로이론, 문운당, 465쪽, 2002.
- [5] 김종부, 유영욱, 이재춘, 임윤식 공저, PLC 이론 및 실습, 북두출판사, 675쪽, 2002.