

증분형 엔코더를 이용한 오차없는 방향변화 검출방법

전영환*, 김지원*, 진진홍*, 조동길**

A Method for Detecting the Variation of Direction Using Incremental Encoder

Yeong-Han. Chun*, Ji-Won. Kim*, Jin-Hong. Jeon*, Dong-Kil. Cho**

*KERI, **Chang Won Univ.

Abstract - 증분형 엔코더는 디지털 시스템과 인터페이스가 용이성하고 비교적 정밀한 정보를 얻을 수 있다는 장점 때문에 많이 사용되고 있다. 증분형 엔코더를 이용하여 운동 방향이 자주 변화하는 모터의 위치를 검출하는 경우 일반적인 방법으로는 계속하여 오차가 누적될 가능성이 매우 크다. 본 논문에서는 모터의 운동 방향이 아무리 많이 변화하더라도 전혀 오차 없이 모터의 위치를 검출하는 방법을 제시하고 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 그 타당성을 검증하였다.

1. 서 론

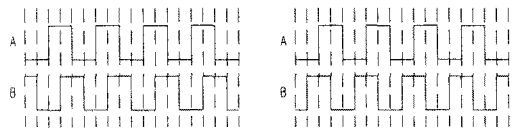
모터는 여러 산업분야에서 널리 사용되고 있는 기기이다. 모터는 회전운동이나 직선운동을 얻기 위해서 사용되며 리 줄버나 타코 제너레이터 등 다양한 센서가 모터의 속도와 위치를 제어하는데 사용되고 있다. 이러한 센서중에서 엔코더는 디지털 회로와의 인터페이스가 용이하고 정밀한 정보를 얻을 수 있는 장점 때문에 널리 사용되고 있다[1]. 엔코더는 크게 절대형 엔코더(absolute encoder)와 증분형 엔코더(incremental encoder)로 나눌 수 있는데 일반적으로는 증분형 엔코더가 많이 사용된다. 증분형 엔코더는 A, B 및 Z의 세가지 형태의 펄스 출력을 가진다. A와 B는 서로 90°의 위상 차이를 갖는 펄스출력으로 모터의 회전 방향에 따라서 A와 B의 위상이 변화하게 된다. Z는 회전 모터에서는 1회전당 1펄스를 출력하고 직선 모터에서는 일정한 거리마다 1펄스를 출력하게 되어있는 출력 단자이다. 일반적으로 모터의 위치 정보를 얻기 위해서는 A와 B 출력을 사용하는데, A와 B 출력은 모터의 운동 방향에 따라 서로의 위상이 변화하게되어 이를 이용하여 모터의 운동 방향 변화를 감지할 수 있다[1]. 즉, 증분형 엔코더의 A 출력을 D 플립플롭의 클럭 단자에 연결하고 B 출력을 D 단자에 연결하게 되면 모터의 운동방향이 변화함에 따라서 D 플립플롭의 출력이 변화하므로 이를 카운터의 UP/DOWN 단자에 연결하면, 모터의 운동 방향에 따라서 카운터를 Up 카운터로 사용하거나 Down 카운터로 사용하는 것이 가능하다[4]. 그러나 모터의 운동방향이 변화하는 순간의 A 출력과 B출력의 경우의 수는 8가지가 있는데, 위와 같은 방법에 의해서 모터의 위치를 검출하면 경우에 따라서 1펄스 또는 2펄스의 오차가 발생하게 된다. 이러한 오차는 모터의 운동방향 변화가 많을수록 계속하여 누적되어 결국 모터의 정확한 위치를 검출하는 것은 불가능하게 된다. 본 논문에서는 이러한 문제점에 대한 해결책으로 소프트웨어적인 보정이나 엔코더 자체의 기구적 변화없이 운동방향이 변화하더라도 정확하게 모터의 위치를 검출할 수 있는 방법을 제시하였다.

2. 본 론

2.1 증분형 엔코더의 출력형태

앞에서 언급했듯이 일반적으로 증분형 엔코더의 A 출력과 B출력은 모터의 운동방향이 변화함에 따라서 그림 1과 같이 정방향 운동을 하는 경우와 역방향의 운동을 하는 경

우의 증분형 엔코더 A와 B출력이 다르게 나타난다.



(a) 정방향 운동인 경우 엔코더 출력 (b) 정방향 운동인 경우 엔코더 출력

그림 1. 모터의 운동방향에 따른 증분형 엔코더의 출력형태

정방향 운동 또는 역방향 운동시 모터의 운동방향이 변하는 순간에서는 증분형 엔코더의 출력은 모두 8가지의 경우를 갖는다. 그림 2에 모터의 운동방향이 변하는 순간 증분형 엔코더의 8가지 출력 형태를 나타내었다.

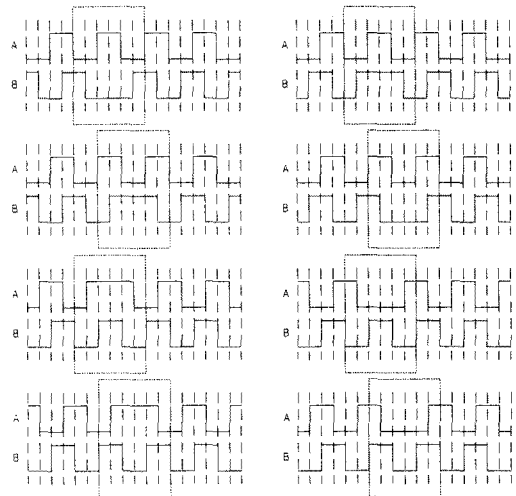


그림 2. 모터의 운동방향이 변하는 순간 증분형 엔코더의 출력 형태

그림 2와 같이 모터의 회전방향이 변하는 순간 증분형 엔코더의 출력은 8가지 경우가 있는데, 기존의 D 플립플롭만으로 구성된 방향 판별회로를 사용하게 되면 경우에 따라서 최대 2펄스까지의 오차가 생기게 된다.

2.2 D 플립플롭을 이용한 위치검출

일반적으로 증분형 엔코더를 사용하여 위치 정보를 얻고자 하는 경우 엔코더의 출력을 체배하여 해상도를 높이는 방법을 사용하고 D 플립플롭을 이용하여 위치를 검출한다. 그림 3에 엔코더 출력의 체배회로와 D 플립플롭을 이용한 방향검출 회로를 나타내었다.

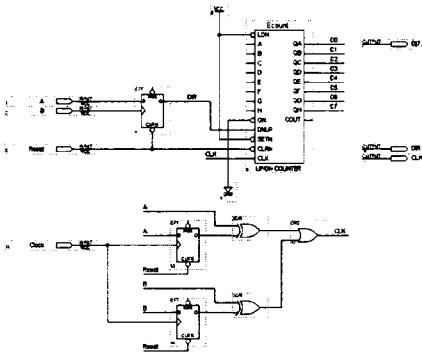


그림 3. D 플립플롭을 이용한 방향 판별회로와 채배회로

이와 같이 D 플립플롭을 이용하여 모터의 운동방향을 판별하는 경우 A와 B중 하나의 출력을 D 플립플롭의 클럭 단자에 연결하고 나머지 하나를 D 입력으로 연결하면 모터의 운동 방향이 변환에 따라 D 플립플롭의 출력이 H 또는 L로 변하게 된다. 이러한 D 플립플롭의 출력을 카운터의 Up/Down 단자에 연결하면 결국 모터의 운동방향에 따라서 카운터는 Up 카운트와 Down 카운트를 반복하여 모터의 위치를 검출할 수 있게 된다. 그림 4는 그림 3의 회로에 대한 시뮬레이션 결과이다. 그림 4에서 C로 표시된 부분은 실제적으로 모터의 운동방향이 변하는 시점을 나타낸다. 그림 4의 결과에서 보듯이 몇 가지 경우에 있어서는 모터의 운동방향이 변화한 경우에도 이를 인식하지 못하고 경우에 따라서 1펄스 또는 2펄스의 오차가 발생하는 것을 알 수 있다. 이러한 오차는 모터의 운동방향이 변화할 때마다 누적되어 결국은 정확한 모터의 위치검출이 어렵게 된다.

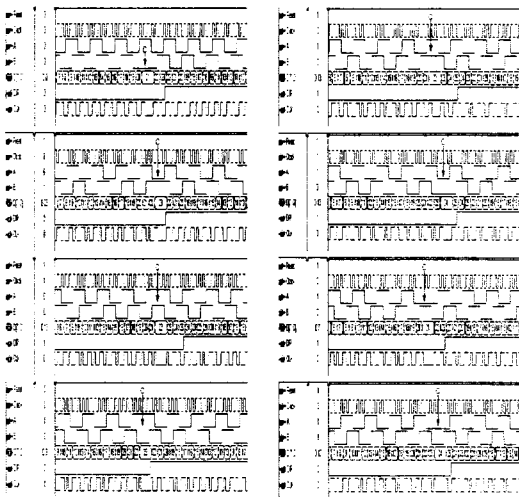


그림 4. D 플립플롭을 이용한 방향판별 회로 적용시 모터의 위치검출 시뮬레이션 결과

2.3 제안된 위치검출 방법

증분형 엔코더의 A출력과 B출력을 상태로 정의하여 상태 천이도를 그려볼 수 있다. 즉, 증분형 엔코더의 A출력과 B출력의 현재 상태에서부터 모터가 운동을 하여 다음 상태로 바뀌는 경우 모터의 운동방향을 나타내는 신호를 출력으로 정의하고 이를 상태 천이도로 나타내는 것이다. 그림 5에 증분형 엔코더의 A출력과 B출력을 상태와 입력신호로 정의하고 DIR을 모터의 운동방향으로 정의한 상태 천이도를 나타내었다.

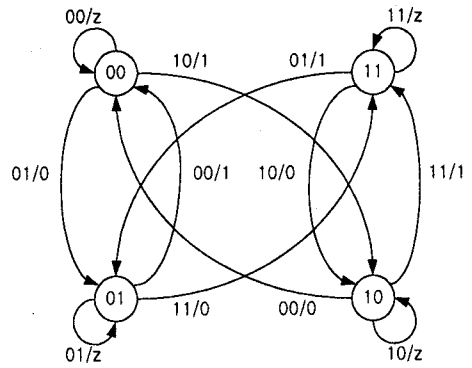


그림 5. 증분형 엔코더의 동작의 상태 천이도

그림 5에서 원안의 두자리 수는 각각 증분형 엔코더의 A출력과 B출력인 상태를 의미하고 상태 천이 선간의 앞 두 자리수는 역시 증분형 엔코더의 A출력과 B출력인 입력값을 의미한다. 상태 천이 선간의 마지막 한자리수는 모터의 운동방향을 나타내는 출력을 의미한다. 출력이 z로 표시되어있는 부분은 출력의 변화가 없음을 의미한다. 그림 5의 상태 천이도로 표현된 시스템은 그림 6과 같은 조합은 리회로와 J-K플립플롭으로 간단하게 회로구현이 가능하다. 그림 6에서 IN1 및 SN1는 모두 증분형 엔코더의 A출력을 각각 현재 상태, 입력, 다음 상태로 구분한 것이며, IN2 및 SN2도 마찬가지로 증분형 엔코더의 B출력을 각각 현재 상태, 입력, 다음 상태로 구분한 것을 나타낸다.

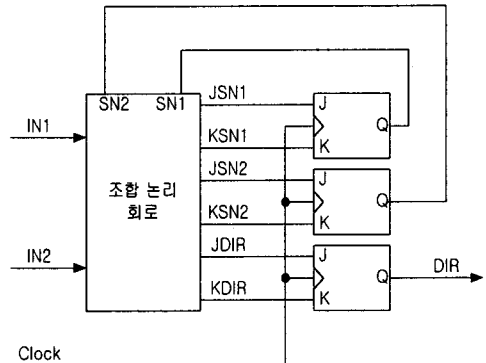


그림 6. 상태천이도로 표현된 시스템의 회로구현을 위한 블록도

각각의 JK 플립플롭의 입력식은 카르노프 맵을 이용하여 얻을 수 있고, 이렇게 해서 얻어진 회로를 이용하여 모터의 운동방향을 판별하게 되면 실제적으로 운동방향이 변하는 그림 4의 C점으로부터 증분형 엔코더의 A출력과 B출력중 처음으로 상태가 바뀌는 지점에서 모터의 운동방향 변화를 검출할 수 있다. 실제적으로는 그림 6의 회로를 구현하는 IC의 성능에 따라서 어느 정도의 시간지연이 존재하게 된다. 그러므로 채배회로의 전단에 이러한 시간지연을 고려하여 일정한 시간지연 회로를 추가하면 모터의 운동방향이 아무리 많이 변화하더라도 1개의 펄스오차도 없이 모터의 위치를 검출하는 것이 가능하게 된다.

2.4 컴퓨터 시뮬레이션

제안한 회로의 유효성을 입증하기 위해서 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션을 위한 회로를 그림 7에 나타내었다.

[참 고 문 헌]

- (1) 이왕현, "메카트로닉스를 위한 모터 제어 기술", 성안당, 1992
- (2) R. Koziol, J. Sawicki, L. Szklarski, "Digital Control of Electric Drives", Elsevier Scientific Publishers, 1992
- (3) A. Buxbaum, K. Schierau, A. Straughen, "Design of Control Systems for DC Drives", Springer-Verlag, 1990
- (4) 편집부, "DC 모터의 制御回路設計", 도서출판 세운, 1985
- (5) M. Morris Mano, "Digital Design", Prentice-Hall, 1984

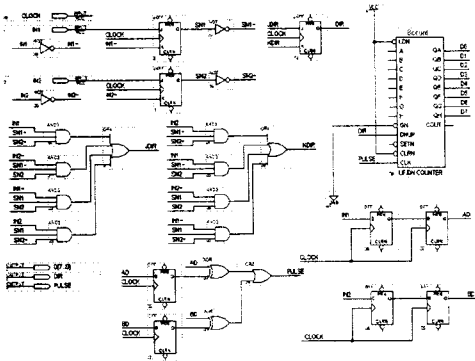


그림 7. 시뮬레이션을 위한 회로도

그림 7의 회로를 이용한 시뮬레이션 결과를 그림 8에 나타내었다. 그림 8의 결과에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제안된 회로를 이용한 모터의 운동방향 변화시 위치검출은 1개의 펄스 오차도 없이 정확하게 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

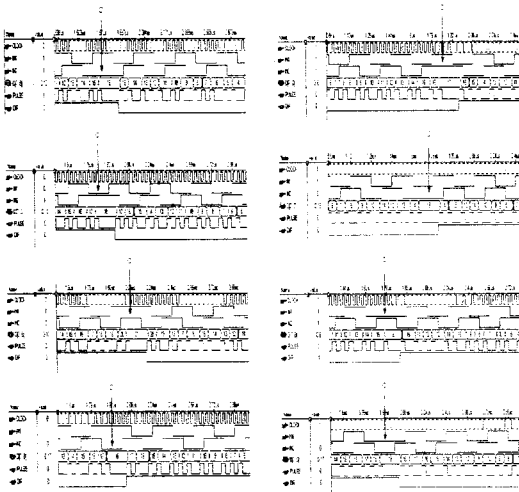


그림 8. 제안된 회로를 이용한 시뮬레이션 결과

3. 결 론

증분형 광학 엔코더를 이용하여 회전운동이나 직선운동을 하는 모터의 위치를 검출하는 경우 모터의 운동방향이 변화하더라도 오차 없이 모터의 위치 검출이 가능한 디지털 회로에 대해서 설명하였다. 여기서 나타난 디지털 회로는 일반적으로 사용되는 상태천이도를 이용한 시스템 구성방법에 의해 설계하였으며, 디지털 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 시뮬레이션을 수행한 결과 모터의 운동방향이 변하는 모든 경우에 대해서 본 회로를 이용하면 오차없이 모터의 위치검출이 가능한 것을 알 수 있었다. 본 회로는 실제적으로 마이크로프로세서 보드에 장착된 EPLD에 간단하게 적용이 가능할 뿐 아니라 상용 IC로의 제작도 가능할 것으로 기대된다.