

인크리멘탈 엔코더의 진동에 의한 위치어러에 관한 연구

A Study of Incremental Encoder Position Error

*박해균¹, #남윤수², 장후영³

*H. K. Park(vc1001@kangwon.ac.kr)¹, #Y. S. Nam(nys@kangwon.ac.kr), H. Y. Jang³
^{1 2 3}강원대학교 기계/메카트로닉스공학부

Key words : Incremental Encoder, Position Error, Vibration

1. 서론

회전체나 운동하는 물체의 위치를 측정하기 위해 RVDT, LVDT, 엔코더, 및 다양한 센서들이 사용된다. 각 센서들은 사용자의 용도에 맞게 값이 싼 제품부터 비싼 제품, 정밀도가 좋은 제품에서 낮은 제품까지 적당하게 선택되어 사용된다. 본 논문에서는 그 중 인크리멘탈엔코더(Incremental Encoder)에 대해 다루고자 한다. 엔코더 센서는 크게 인크리멘탈엔코더(Incremental Encoder), 앵솔루트엔코더(Absolute Encoder), 세미앵솔루트엔코더(Semi-absolute Encoder)로 크게 나눌 수 있으며, 이 외에도 가시광선등의 빛을 이용한 엔코더 등 다양한 엔코더들이 사용되고 있다. 이중 절대위치를 측정가능한 앵솔루트 타입이나 세미-앵솔루트 타입의 센서들은 좋은 성능에도 불구하고 엔코더와 연결되는 측정장비의 다채널화와 가격적인 이유 때문에 특정한 곳에서만 사용되고 있다. 반면, 2 또는 3 채널의 출력을 가지는 인크리멘탈엔코더의 경우 2 채널 입력만으로 위치를 알 수 있고, 기타 엔코더에 비해 가격적으로 경쟁력을 가지기 때문에 많은 사용을 하고 있다. 하지만, 인크리멘탈엔코더의 경우 특정한 에러를 가질 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 분해능을 높혀 에러가 발생할 확률을 줄일 수 있다. 하지만, 분해능을 높이기 위해서는 추가적인 노력이 들어가고, 가격이 비싸지게 된다. 그리고 결과적으로 에러가 발생할 확률이 줄어들었을 뿐 근본적인 에러를 제거할 수는 없다.

본 논문에서는 그 동안 분해능을 높임으로서, 발생 확률을 줄이고, 계측 장비들에 의한 에러를 줄이는 등의 노력으로 부각되지 않았던 인크리멘탈엔코더에서 발생할 수 있는 문제점에 대해서 다루고, 또한, 이에 대한 해결책을 제시한다.

2. 인크리멘탈 엔코더의 동작원리

인크리멘탈엔코더는 A, B 상의 2 개의 상을 이용하거나 또는 A, B, Z 상의 3 개의 상을 이용한다. 3 개의 상을 이용할 때는 Z 상은 기준점으로 사용한다. 인크리멘탈엔코더로 회전이나 직선이동의 움직임을 측정하는 원리는 다음과 같다. Fig 1 과 같이 검출 물체에 High 나 Low 로 검출되는 부분을 만들고 측정센서를 90° 의 위상차가 존재하도록 설치한다. 이때, 두 개의 출력신호중 하나(센서 B)의 상승 모서리를 트리거 신호로 사용하게 되면, Fig. 1(a)와 같이 좌측으로 검출 물체가 이동할 때, 센서 B 의 상승 모서리에서 트리거시, 센서 A 에서 출력되는 신호는 모두 low 값이 출력되게 된다. 반대로, Fig. 1(b)와 같이 우측으로 검출 물체가 이동할 때 센서 B 의 상승 모드에서 트리거시 센서 A 에서 출력되는 신호는 모두 high 값이 출력하게 된다. 따라서 방향에 따라 트리거 시 나타나는 값이 low/high 로 틀려지게 된다. 그리고 방향과 움직인 양을 알기 위해 센서 B 의 트리거 시 센서 A 의 high(+)와 low(-)의 개수를 합하면 된다. 만약, 반대로 센서 A 를 트리거 신호로 이용하면, 방향은 반대가 된다. Fig 1 과 같은 원리로 인크리멘탈엔코더를 이용하여 다양한 계측을 할 수 있다. 이제 이와 같이 기준에 사용되던 인크리멘탈엔코더에서 발생할 수 있는 문제점과 해결방안에 대해 살펴 본다.

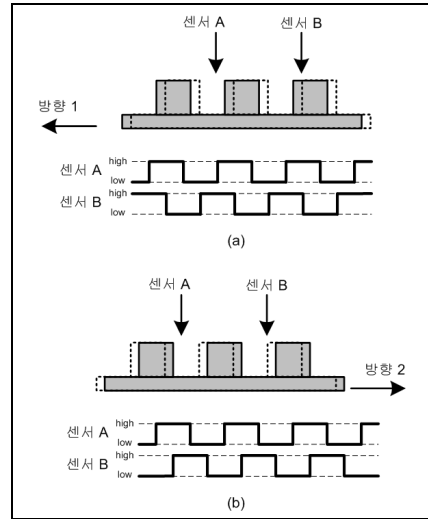


Fig. 1 The Principle of Incremental Encoder

3. 인크리멘탈 엔코더의 에러

만약 n 개의 측정위치(output pulse)를 가지고 d 의 변위(길이, 각도)를 측정하는 인크리멘탈엔코더가 있다면 1 개의 펄스에 의해 측정될 수 있는 최소 변위는 $l_{min} = d/n$ 이 된다. 즉, n=500 이고 d 가 360° 인 회전체라면 측정최소 각 l_{min} 은 0.72° 가 된다. l_{min} 내에서는 상승/하강하는 트리거 신호가 항상 하나만 존재하기 때문에 그 이하의 측정은 할 수 없다. 여기서 하나의 의문점이 생긴다.

“만약 검출 물체가 l_{min} 의 내에서 진동을 한다면 어떤 현상이 발생하는가?”

라는 의문이다. 이때, 인크리멘탈엔코더에서 특정한 에러가 나타나게 되는데 본 논문에서는 이러한 에러에 대해서 다룬다.

3.1 특정 진폭에서의 에러 1

만약 Fig. 2(b)와 같이 트리거 신호 B 를 기준으로 l_{min} 보다 작은 진동 1 이 존재한다면, Fig 2(b)와 같은 신호가 출력되게 된다. 이때 현상을 살펴보면 실제 검출 물체는 진동 1 의 범위에서 진동하고 있으나, 트리거 신호(센서 B)는 계속 나타나게 되어 센서 A 에서 출력하는 신호의 high/low 상태를 계속 체크하게 된다. 따라서 계측 장비에서는 계속

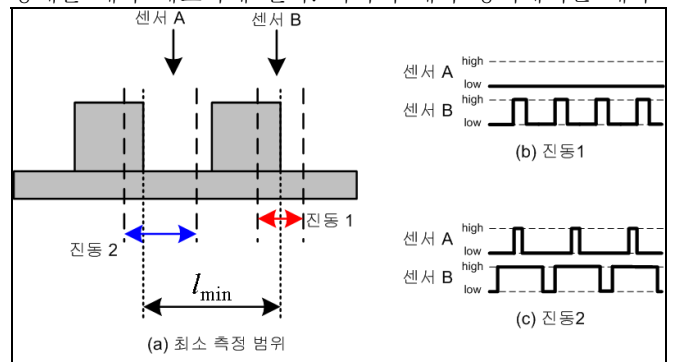


Fig. 2 Minimum Measurement Range of Incremental Encoder and

Error Signal in Some Vibration

검출물체가 움직이고 있다는 잘못된 정보를 측정하게 된다. 이로 인해 정(역)방향으로 계속 움직이는 것처럼 노이즈 신호와 같은 에러가 계속 출력하게 되는 것이다.

3.2 특정 진폭에서의 에러 2

3.1 절의 에러와 비슷하게, Fig 2(c)와 같이 I_{min} 보다 작고 진동 1 보다는 큰 진동 2 와 같은 현상이 발생하게 되면, 3.1 절과는 다른 에러가 발생한다. 진동 1 과 같은 현상에서는 트리거 신호가 출력되는 동안 다른 신호 A 는 high 나 low 중 한 신호를 유지하게 된다. 하지만 진동 2 와 같은 경우에는 Fig 2(c)와 같이 트리거 신호와 검출되는 신호 A, 모두 주기적으로 바뀌게 된다. 하지만 트리거 시 신호 A 는 high 나 low 를 계속 검출하게 되어 에러를 갖게 된다. 이러한 문제점들은 펄스의 수를 늘리는 방법으로 최소 측정범위를 작게 만들어 어느정도 개선이 가능하지만 궁극적 문제를 해결한 것은 아니다. 이제 이와 같은 문제를 해결할 수 있는 방법에 대해 4 장에서 알아 본다.

4. 해결 방안

위의 3 장에서와 같은 진동에서의 문제를 해결하기 위해 D Flip-Flop 을 응용한 회로를 구성하였다. Fig 3 에 구성된 회로가 있다. 센서 A 의 출력은 그대로 사용하고, 잘못된 에러 신호가 출력될 때 이것을 판단하고, 트리거 신호로 사용되는 출력 B 를 동작하지 않도록 B'로 변화시켰다. 또한, Fig 1 과 같은 정상 작동시에는 정상적으로 작동하도록 구성되었다. 그래서 다소 복잡한 회로가 구성 되었다. 이제 구성된 회로가 정상 작동하는지 살펴 본다. 앞서 살펴본 바와 같이 검출 물체가 움직이는 다음 3 가지 경우에 대해 살펴보고, 이때 정(역)방향에 대한 영향도 고려해 본다. 검출물체가 움직이는 3 가지 경우는 다음과 같다.

- i) I_{min} 보다 큰 변위로 정상작동인 경우
- ii) I_{min} 보다 작은 진동 1 의 경우
- iii) I_{min} 보다 작고 진동 1 보다 큰 진동 2 의 경우

Fig 3 에서 사용된 D Flip-Flop 의 동작 특성은 Table 1 과 같이, PR 과 CLR 의 상태에 따라서 CLK 와 D 의 동작에 따라 출력이 결정되는 특성을 가지고 있다. Fig 3 에서 좌측 두개의 D Flip-Flop 과 주변 회로들은 진동 1 과 같은 현상을 제거하기 위한 회로이고, 우측 두 개의 D Flip-Flop 들은 진동 2 와 같은 현상을 제거하기 위한 회로이다. 그리고 Fig 3 과 같은 회로에서 i), ii), iii)의 경우에 대한 동작은 아래 Fig 4(a, b, c)와 같이 작동한다. 결과를 살펴보면 다음과 같다.

i)의 경우: Fig 4(a)와 같이 정(역)방향 작동 시 최종적으로 사용되는 신호 A, B'가 최초 입력 신호와 같게 된다. 따라서 정상적인 측정이 가능하다.

ii)의 경우: Fig 4(b)와 같이 잘못된 트리거(신호 B)가 제거되어 결국, B'에서 high 상태를 유지해 트리거신호를 발생하지 않게 된다. 따라서 잘못된 측정을 하지 않게 된다.

iii)의 경우: Fig 4(c)와 같이 잘못된 트리거(신호 B)가 제거되어 B'가 high 로 유지해 트리거신호를 발생하지 않게

Table 1 The function of D Flip-Flop

Input				Output	
PR	CLR	CLK	D	Q	\bar{Q}
L	H	x	x	H	L
H	L	x	x	L	H
L	L	x	x	H	H
H	H	Up	H	H	L
H	H	Up	L	L	H
H	H	L	x	Q_0	\bar{Q}_0

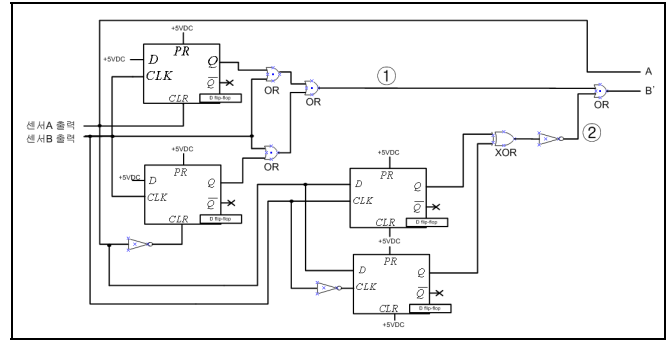


Fig. 3 The circuit of remove error

된다. 따라서 잘못된 측정을 하지 않게 된다.

이때, ii)와 iii)의 상태를 같게 볼 수도 있지만, 엄밀히 따지면 틀리다. ii)의 경우에는 트리거 신호 B가 바뀔 때 A가 변화 없이 유지가 되지만, iii)의 경우에는 트리거 신호 B가 변할 때 신호 A도 계속 변하게 된다. 이와 같은 이유로 Fig 3 에서 좌측 2 개의 D Flip-Flop 과 주변회로만으로 iii)의 에러를 제거하지 못하게 된다.

5. 결론

본 연구를 통하여 기존의 인크리멘탈엔코더에서 나타날 수 있는 에러에 대해 다루어 보았다. 실제로 인크리멘탈엔코더 뿐만 아니라 인크리멘탈엔코더의 원리를 이용하여 계측하는 모든 시스템에서 이와 같은 문제가 발생되리라 판단된다. 한 예로 CNC 머시닝 센터의 이송 정밀도 향상을 위한 연구³에서 본 논문에서 개발된 회로를 이용하여 레이저 간섭계 센서를 통해 측정되는 에러를 제거하는데 성공 하였다. 기존에는 에러를 줄이기 위해 분해능을 늘려 에러가 출력될 확률을 줄이거나, 측정장비 노이즈 제거 등의 방법들을 사용하였으나, 본 논문에서 다루었던 내용과 같은 에러에 대해서는 다루어 지지 않았다. 따라서 특정 진동에 의해 인크리멘탈엔코더에서 발생할 수 있는 에러를 정확히 규명하였고, 에러를 제거할 수 있는 방법을 제시하였다.

후기

본 연구는 에너지관리공단의 풍력핵심기술연구센터 지원 연구비로 수행 되었으며 이에 관련된 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. Hitachi, Ltd. Data sheet HD74LS74A, Dual D-type Positive Edge-triggered Flip-Flops(with preset and Clear)
2. 박해균, 장후영, 남윤수, 유능수 “LabVIEW 를 이용한 6kW 풍력발전기 모니터링 시스템과 Yawing 계측시스템” 대한기계학회 강원지부 학술대회, 15-20,2004
3. 이민용, 장인배 “Laser Interferometer 를 이용한 변위 측정” 대한기계학회 강원지부 학술대회, 74-77,2006

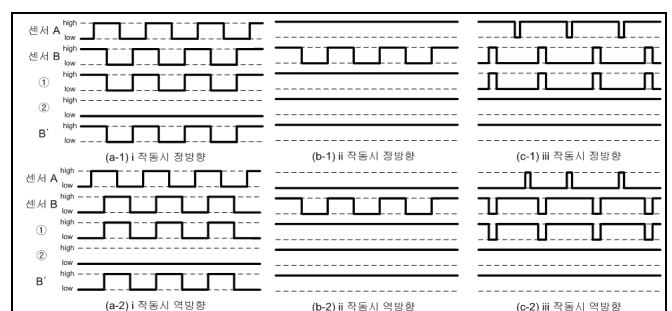


Fig. 4 Signal conditioning