

# 계측공학 4주차-3

👤 생성자	👤 재환 김
🏷 태그	엔지니어링

## 1. 로터리 엔코더의 정의



- **엔코더**는 부호화(符號化)하는 장치를 의미하며, 출력을 펄스 신호로 나타냅니다.
- **로터리 인코더**는 회전각을 전기펄스로 변환하여 회전 위치(변위)를 디지털 신호로 출력하는 장치입니다.
  - 쉽게 말해, 회전하는 각도를 정확하게 측정해 펄스 신호로 변환하는 장치로서, 산업 자동화, 로봇 공학, 정밀 제어 시스템 등에서 널리 사용됩니다.

## 2. 로터리 엔코더의 종류

### (1) 출력방식에 따른 분류

- **증가형 (Incremental-type):**
  - 위치(변위)를 펄스 수로 나타냅니다.
  - 예를 들어, 회전하는 동안 일정한 간격으로 펄스를 발생시키고, 그 펄스의 개수를 세어 회전각을 측정하는 방식입니다.
  - 장점: 단순하고, 고속 회전에서 유리합니다.
- **절대형 (Absolute-type):**
  - 위치(변위)를 절대 값으로 나타냅니다.
  - 회전하는 각 위치마다 고유한 코드(신호)가 발생하여, 전원이 꺼지거나 기계가 정지하더라도 현재 위치 정보를 잃지 않는 방식입니다.
  - 장점: 정확한 위치 정보를 항상 유지할 수 있습니다.

## (2) 변환 방식에 따른 분류

- **광학식 인코더 (Optical encoder):**

- 빛을 사용하여 회전 디스크의 투명한 부분과 불투명한 부분을 감지하는 방식입니다.
- 신호 검출에 광센서를 사용하여, 회전 디스크의 슬롯이나 섹터를 통해 빛이 통과하는지 여부를 감지합니다.

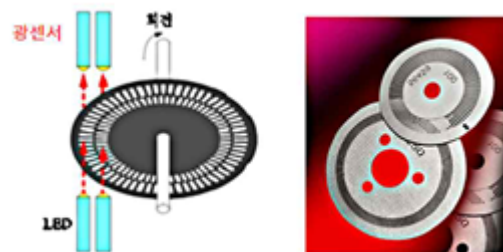
- **자기식 인코더 (Magnetic encoder):**

- 신호 검출에 자기센서를 사용하여, 회전 디스크의 자기적인 변화를 감지하는 방식입니다.

- **증가형 인코더:**

- 발광소자(LED)와 수광소자(포토다이오드, 포토트랜지스터) 사이에 있는 회전하는 코드 원판(code disk)을 사용합니다.
- 원판에는 슬롯(slots)이나 섹터(sectors)이 있어서 회전할 때마다 펄스를 발생시킵니다.
- 펄스와 회전 각도 간의 관계는 1회전당 발생하는 펄스 수에 비례합니다.
  - 예: 40mm 디스크는 2080 펄스, 50mm 디스크는 5000 펄스, 90mm 디스크는 10,000 펄스를 발생시킵니다.

## 증가형 인코더의 사용 용도



- **유리 원판**이 사용되며, 더 높은 분해능이나 높은 주파수(최대 300kHz)가 요구되는 상황에서 사용됩니다.
  - 분해능이 높은 경우 더 많은 세부적인 회전각을 측정할 수 있으며, 주파수가 높을수록 빠른 속도의 회전도 정밀하게 측정 가능합니다.

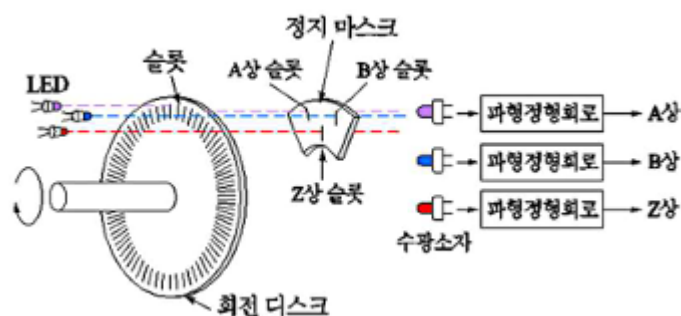
## 증가형 인코더의 작동 원리

- 회전원판에는 90도씩 위상이 다른 2상의 슬롯(A, B)와 회전 원점을 결정하는 **제로 마커** 슬롯이 있습니다.
  - 슬롯 A, B**는 회전의 방향을 결정하며, 서로 90도 위상차를 갖고 있어 회전하는 방향을 구분할 수 있습니다.
  - 제로 마커 슬롯**은 기준 위치를 결정하는 역할을 합니다. 이 마커를 기준으로 회전이 시작된 지점이나 특정 위치를 찾을 수 있습니다.
- LED 발광소자**에서 나오는 빛이 회전 슬롯과 고정 슬롯을 통과하여 **수광소자**로 전달됩니다.
  - 이 과정에서 빛의 차단과 통과 여부에 따라 **전기펄스**가 발생하게 됩니다.
  - A와 B의 펄스가 일정한 간격으로 발생하면서, 이를 통해 회전각도를 계수하게 됩니다.
- 이 펄스 신호를 지속적으로 읽어들이므로써 **무한히 회전각을 측정**할 수 있으며, 이를 바탕으로 정확한 회전량과 회전 방향을 결정할 수 있습니다.

## 기준위치 설정

- \*기준위치(제로 마커)\***를 임의로 선택할 수 있습니다.
  - 기준위치를 통해 회전 시스템에서 특정 지점의 시작이나 기준을 명확히 설정할 수 있으며, 기계적으로 정밀한 제어가 가능합니다.

## 이미지 하단의 구조 설명



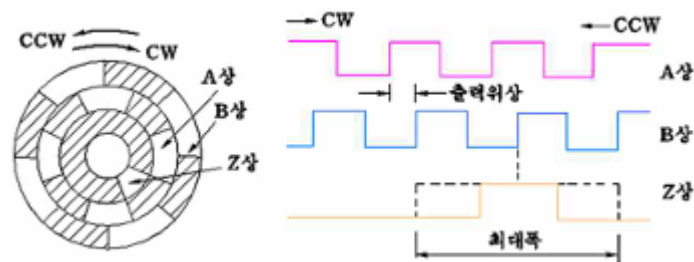
- LED 발광소자**는 슬롯이 있는 회전 디스크를 통해 빛을 송출하며, 수광소자는 이 빛을 받아 전기신호로 변환합니다.
- A, B 위상**은 위상차가 발생하도록 설계되어 회전 방향을 구분하는 중요한 역할을 합니다.

- 이러한 구조 덕분에, 증가형 엔코더는 지속적인 회전각 측정 및 방향 판별이 가능하며, 다양한 기계 시스템에서 널리 활용됩니다.

## A상과 B상 출력 신호

- 회전변위에 따라 A상과 B상의 출력은 펄스 신호로 나타납니다.
  - 이 두 신호의 위상차로 인해 **\*\*정회전(시계 방향)\*\***과 **\*\*역회전(반시계 방향)\*\***을 판별할 수 있습니다.

## 회전 방향 결정



- 정회전(시계 방향):
  - 원판이 시계 방향으로 회전하면 A상 신호가 B상 신호보다 **먼저** 상승 구간에 도달하게 됩니다.
  - 이때 A상은 "1"이 되고, B상은 아직 "0"인 상태입니다.
- 역회전(반시계 방향):
  - 반대로, 원판이 반시계 방향으로 회전하면 B상이 A상보다 **먼저** 상승 구간에 도달합니다.
  - 이때 B상이 "1"이 되고, A상은 "0"이 되어 회전방향이 반시계 방향임을 인식할 수 있습니다.

## 제로 마커 (Z상)

- Z상은 1회전당 1개의 **원점 신호**를 발생시키는 역할을 합니다.
  - 주로 카운터 리셋이나 기계적 원점 위치 검출에 사용됩니다.
  - 예를 들어, 회전 기계가 기준 위치로 돌아왔을 때 이를 정확히 인식하여 위치 정보를 초기화하거나 제어할 수 있습니다.

## 정전 후의 위치 정보

- 증가형 인코더는 정전이나 시스템 중지 후 **현재 위치를 알 수 없습니다**.

- 펄스 신호만을 기반으로 회전 변위를 계산하므로, 만약 시스템이 중단되거나 전원이 꺼지면 이전의 회전 정보는 소실됩니다.
- 이 때문에 다시 시작할 때는 제로 마커(Z상) 신호를 이용해 기준 위치를 다시 설정해야 합니다.

## 동작 원리 (4배 증폭)

- 아래 그림에서 볼 수 있듯이, A상과 B상의 신호를 비교하여 **위상차**를 이용해 회전 방향과 위치를 구분합니다.
- A상과 B상이 서로 교차하는 구간을 세분화하여 신호의 상승, 하강, 교차점을 인식하면 **펄스 수를 4배로 증폭**할 수 있습니다.
- 이는 엔코더의 **해상도**를 크게 향상시키는 중요한 기술입니다.

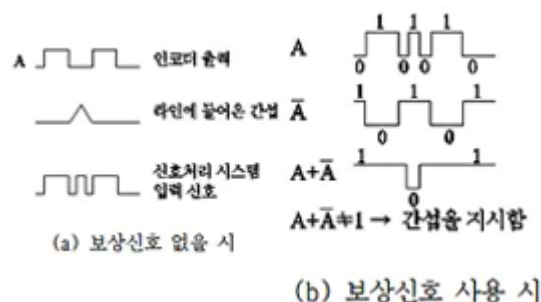
### 증가형 엔코더



동작 회도를 4배로 증가시키는 원리

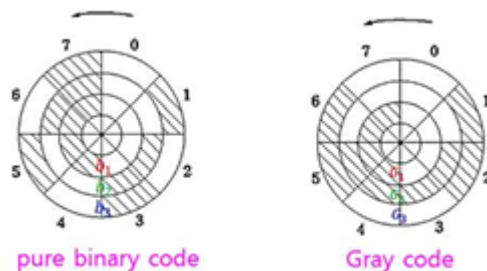
## 엔코더 간섭 영향과 제거

- 모든 **계수(counting) 시스템**은 라인에 들어오는 간섭 신호로 인해 방해를 받을 수 있습니다.
- 이때, **보상신호**를 사용하여 인코더 펄스와 간섭 펄스를 구분함으로써 간섭 신호가 계수되는 것을 방지할 수 있습니다.
- 보상신호는 A상과 B상 신호에서 발생하는 간섭을 제거하기 위한 방법으로, 더 정확한 신호 검출이 가능해집니다.



## 절대적 엔코더의 작동 원리

- **절대적 엔코더**는 회전 원판에 **슬롯**을 2진 부호로 배치하여, 회전 각도에 따라 2진 코드가 출력되도록 설계되었습니다.
  - 절대 위치를 항상 검출할 수 있는 특징이 있으며, 이는 전원이 꺼지거나 시스템이 중단된 후에도 현재 위치를 알 수 있는 방식입니다.
  - 절대적 엔코더는 디스크에 미리 각 위치에 대해 고유한 2진 코드가 설정되어 있습니다.
- **순 2진 코드 (Pure Binary Code):**
  - 순수한 이진수로 표현되며, 각 비트가 회전 각도를 나타냅니다.
- **그레이 코드 (Gray Code):**
  - 각 비트가 변화할 때, 오직 하나의 비트만 변하는 방식으로 간섭이나 오류에 강한 특징을 가지고 있습니다.
  - 그레이 코드는 회전 중에 신호가 잘못 해석되는 것을 방지하여, 더욱 정확한 위치 검출이 가능하게 합니다.



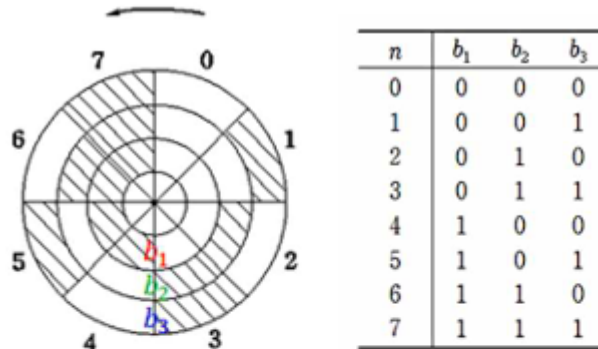
## 분해능

- **절대적 엔코더**는 보통 3개의 슬롯을 통해 360°를 **1° 단위로** 분할하여 회전 각도를 측정할 수 있습니다.
  - 따라서 회전 각도를 매우 정밀하게 측정할 수 있으며, **1° 정도의 분할 단위**를 통해 회전 위치를 정밀하게 파악할 수 있습니다.

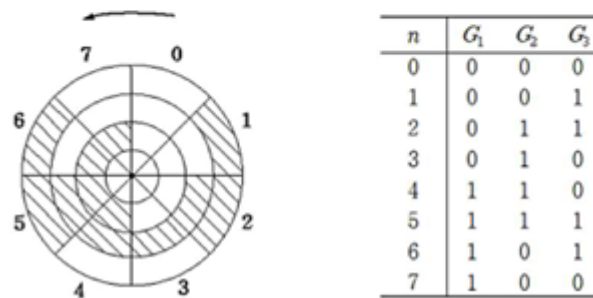
## 절대적 엔코더의 모호성 탈피법: 그레이 코드

- **그레이 코드**는 절대적 엔코더에서 사용되는 대표적인 방식으로, **모호성을 제거**하는 데 중요한 역할을 합니다.
  - 그레이 코드는 **각 위치**가 변화할 때마다 오직 하나의 비트만 변경되도록 설계되었습니다.

- 이를 통해 간섭이나 노이즈로 인한 데이터 오류를 최소화할 수 있습니다.
- 이미지 상단에서 볼 수 있듯이, 그레이 코드의 각 위치(n)에 따라 대응하는 코드 값이 있으며, 순차적으로 하나의 비트만 변화하는 것을 확인할 수 있습니다.
  - 이러한 방식을 통해 모호성 없이 정확한 위치 정보가 전달됩니다.



• 절대적 엔코더 모호성 탈피법 : 그레이코드



## 엔코더의 특성

### ① 절대적 엔코더 vs. 증가형 엔코더

- 절대적 엔코더는 전원이 꺼지거나 재부팅된 후에도 회전체의 각 위치에 해당하는 데이터를 즉시 제공할 수 있습니다.
  - 즉, 재시작 시 별도의 초기화 과정이 필요하지 않습니다.
  - 회전이 중단되더라도 현재 위치 정보를 항상 유지할 수 있기 때문에, 고정밀 위치 측정에 유리합니다.
- 반면, 증가형 엔코더는 전원이 꺼지거나 시스템이 중단된 후에는 다시 초기화가 필요합니다.
  - 즉, 펄스 신호를 재계산하여 기준점을 다시 설정해야 합니다.

### ② 간섭에 대한 민감도

- **절대적 엔코더는 라인 간섭에 덜 민감합니다.**
  - 간섭에 의해 신호가 일시적으로 변형될 수 있지만, **코드 자체가 자동으로 수정되어** 안정적인 위치 정보를 제공합니다.
- **증가형 엔코더는 보상신호가 없을 경우, 간섭 데이터가 계수되어 잘못된 값을 측정할 가능성**이 큼니다.
  - 따라서 증가형 엔코더는 간섭에 매우 민감하며, 이를 방지하기 위한 보상 메커니즘이 필요합니다.

## 1. 엔코더 응용 분야

- **로터리 인코더**는 다양한 산업에서 널리 사용되고 있습니다.
  - 특히 **모터 피드백(motor feedback)** 분야에서 많이 응용됩니다.
  - 이 피드백 시스템을 통해, 인코더는 모터에 직접 연결되거나 **측정 휠**에 부착되어 모터의 속도 및 위치를 간접적으로 감속하여 추적합니다.
- **생산 라인**에서 벨트 컨베이어부터 크레인에 이르기까지, 로터리 인코더는 기계의 **정확한 위치와 속도**를 모니터링하는 데 사용됩니다.
  - 이는 공장 자동화, 물류 시스템, 기계 제어 등에 중요한 역할을 합니다.

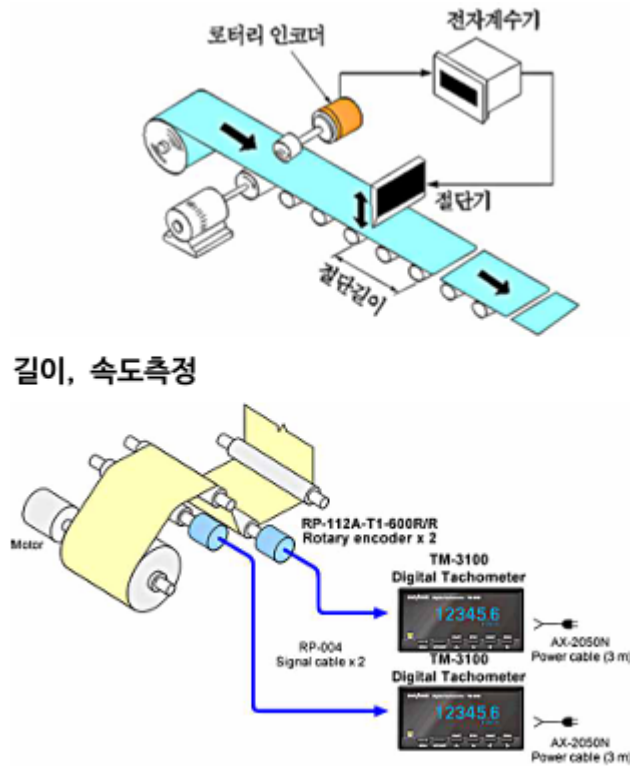
## 2. 길이 및 속도 측정

- **길이 측정:** 로터리 인코더가 벨트나 롤러에 연결되어 이동 거리(길이)를 계산합니다.
  - 벨트가 이동할 때 인코더의 회전 정보를 기반으로 얼마나 이동했는지를 측정할 수 있습니다.
- **속도 측정:** 인코더가 **측정 휠**의 회전 속도를 감지하여 모터의 속도를 측정합니다.
  - 로터리 인코더가 제공하는 펄스 신호를 이용해 회전 속도를 실시간으로 감지할 수 있습니다.

## 하단의 도식 설명

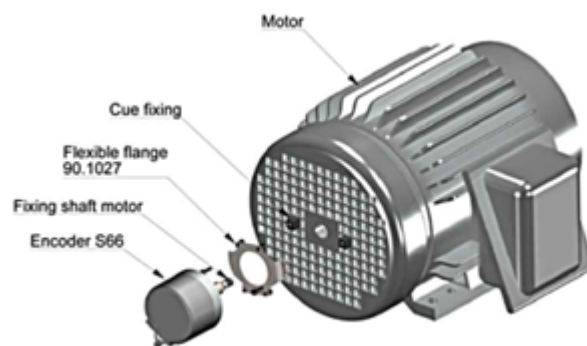
- 그림에서는 **디지털 타코미터**를 사용해 속도를 측정하는 예시가 나와 있습니다.
  - **RD-112A**와 같은 로터리 인코더가 모터에 연결되어, 신호 케이블을 통해 타코미터에 데이터를 전송합니다.
  - 이 타코미터는 **펄스 신호**를 기반으로 **회전 속도**를 계산하여 표시합니다.





## 자기식 인코더의 작동 원리

- 자기식 인코더는 일정 간격으로 자화된 자기 드럼이 회전할 때, 홀 소자를 이용하여 회전 각도를 검출합니다.
  - 홀 소자는 자기장에 반응하는 반도체 소자입니다.
  - 회전각에 따라 펄스 신호가 출력되며, 이 펄스 수를 계수하여 각도를 계산합니다.



## 자기식 인코더의 장점

- 소비전력이 낮다:
  - 자기식 인코더는 광학식 인코더와 달리 발광소자가 필요하지 않기 때문에 전력 소모가 적습니다.

- 발광소자가 전력을 지속적으로 소비하는 광학식 엔코더에 비해 자기식은 효율적입니다.

- **견고함:**

- 자기식 엔코더는 **내구성**이 뛰어나고 **내환경성**이 좋아 먼지, 오염, 기계적 충격 등이 발생할 수 있는 거친 환경에서도 잘 작동합니다.

## 자기식 엔코더의 한계

- **자기장 간섭:**

- 자기식 엔코더는 **자기장이 존재하는 장소**에서 사용이 제한됩니다.
- 외부 자기장이 강한 환경에서는 홀 소자가 정확한 신호를 감지하는 데 어려움이 있을 수 있습니다.

## 그림 설명

- 그림에서는 자기식 엔코더의 구조와 신호 처리를 보여주고 있습니다.
- **홀 소자**를 통해 자기장의 변화를 감지하고, 이를 **펄스 신호**로 변환하는 과정을 나타냅니다.
- 신호가 감지되면, 특정 임계값(**Threshold**)을 넘으면 **\*\*출력 전압( $V_{out}$ )\*\***으로 변환되며, 이는 회전 각도에 대응하는 신호입니다.

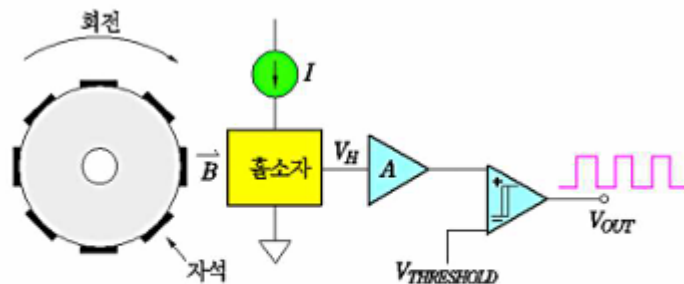


그림 7.22 자기식 인코더의 예