ntrexgo.com

[28호]측정/센서 필수 길라잡이 2. 온도 | NTREXGO

Posted by 디바이스마트 매거진 on Thursday, January 1, 2015 · Leave a Comment

8~10분

한국NI에서 알려주는 측정/센서 필수 길라잡이 2

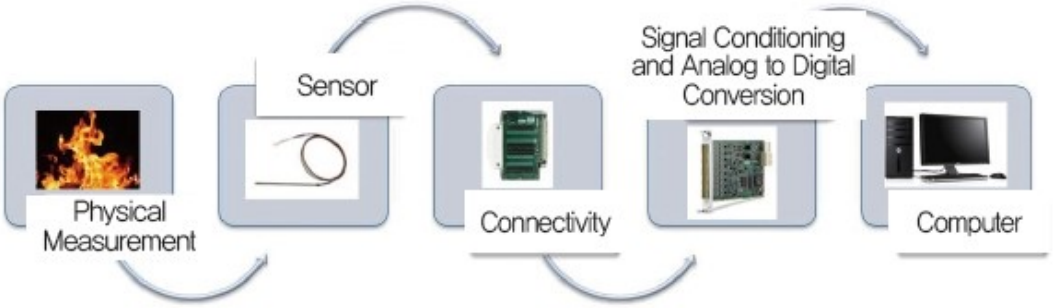
글 | 한국 NI, SW 및 측정 담당 이지석

2. 온도

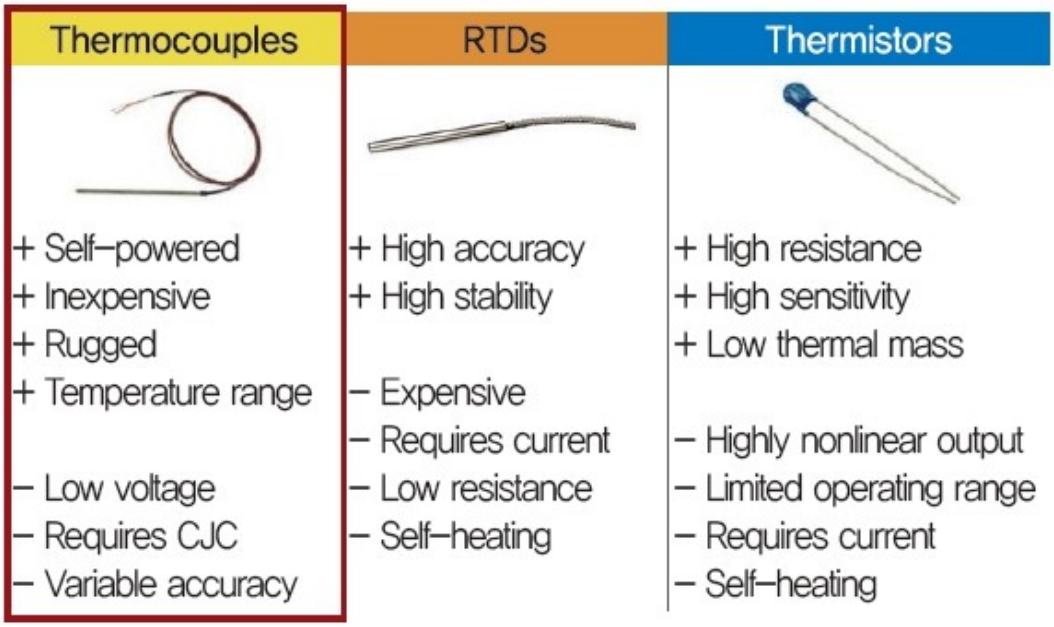
이번 시간에는 그 중에서도 실생활에서 가장 밀접하고 자주 사용되는 온도센서부터 다루도록 하겠습니다.

지난 호에서 다루었던 전반적인 측정 기본에 이어서 본격적으로 센서에 대해 알아보겠습니다. 이번 시간에는 그 중에서도 실생활에서 가장 밀접하고 자주 사용되는 온도센서부터 다루도록 하겠습니다.
우선 복습 차원에서 센서 측정의 기본적인 구성요소에 대해 살펴보겠습니다.

기존의 측정 시스템은 측정해야 하는 물리현상, 측정 값을 아날로그 전압 신호로 변환하는 센서, 센서를 연결하기 위한 연결부분으로 구성되어 있습니다. 받아온 신호가 데이터 수집부분으로 전송되기 위해서는 컨디셔닝이 되어야 합니다. 컨디셔닝에는 노이즈 필터링이나 신호 증폭 등이 있습니다. 신호가 컨디셔닝되면, DAQ 디바이스로 전송되어 아날로그에서 디지털 신호로 변환되고 버스를 통해 PC로 전송됩니다.



이 절차를 위의 그림에 적용해보면, 불은 물리현상이고 열전쌍(Thermo couple)이 센서로 사용되었습니다. 터미널 블록은 센서를 DAQ 디바이스에 연결하고, 신호 컨디셔닝이 진행되며, 마지막으로 데이터 분석을 위해 PC로 전송됩니다.

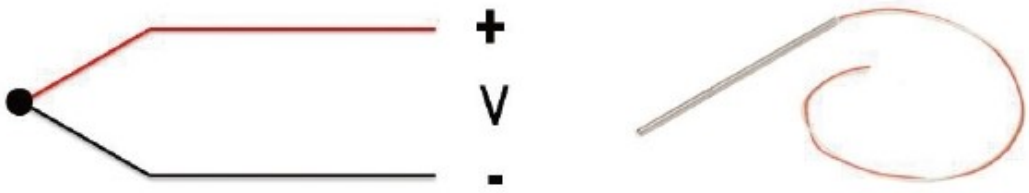


온도 측정에 일반적으로 사용하는 센서는 세 가지 유형으로 열전쌍(Thermo couple), RTD (Resistance Temperature Detector), 서미스터(Thermistor)가 있습니다.
이중에서 열전쌍은 가격이 저렴하고 높은 온도 범위를 가지고 있

어 가장 많이 사용되고 있습니다. 열전쌍을 이용한 측정 진행 시 냉접점보상 즉, CJC(Cold Junction Compensation)가 필요합니다. 다른 센서에서는 냉접점보상이 필요 없습니다.

RTD는 높은 정확도가 필요한 측정에 가장 많이 사용되고 서미스터는 가장 높은 민감도가 필요한 측정에 많이 사용됩니다. 두 센서는 모두 전류 구동이 필요합니다. 세 가지 센서에 대해 모두 간략히 알아볼 예정이지만, 열전쌍 측정에 특히 중점을 두고 진행하도록 하겠습니다.

열전쌍은 두 개의 다른 금속이 접합된 형태로서 접합이 열에 노출되면 미세한 전압을 생성합니다.



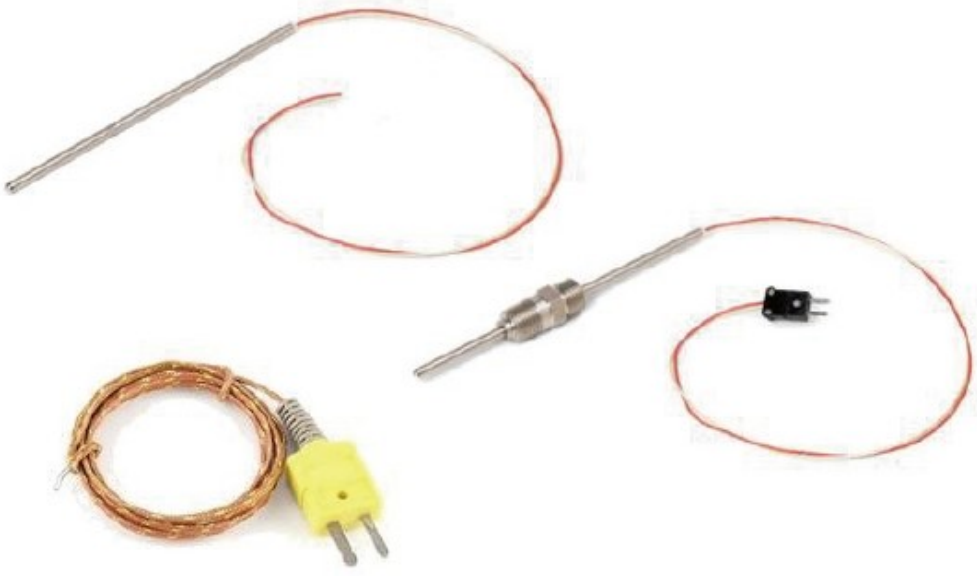
그림을 보면, 빨간 선과 검은 선은 다른 종류의 금속을 나타내며, 검은 점은 이 둘이 만나는 접점을 나타냅니다. 이 접점에 열이 발생하면 전압이 올라갑니다. 온도의 변화가 작을 때 온도와 전압간의 관계는 매우 선형적입니다. 하지만 열전쌍의 구동 범위에서 벗어나게 되면 출력 전압은 더 이상 선형적이지 않게 됩니다.

Thermocouple Type	Conductors-Positive	Conductors-Negative
B	Platinum-30% rhodium	Platinum-6% rhodium
E	Nickel-chromium alloy	Copper-nickel alloy
J	Iron	Copper-nickel alloy
K	Nickel-chromium alloy	Nickel-aluminum alloy

N	Nickel-chromium-silicon alloy	Nickel-silicon - magnesium alloy
R	Platinum-13% rhodium	Platinum
S	Platinum-10% rhodium	Platinum
T	Copper	Copper-nickel alloy

위 표에서 나타낸 것처럼, J타입, K타입 등 여러가지 열전쌍 유형이 사용 가능합니다. 열전쌍 유형은 대문자로 지정되어 있으며 American National Standards Institute (ANSI) 협회에 따른 구성 요소를 나타냅니다. 예를 들어, T-type 열전쌍은 한 쪽은 콘스탄탄에 구리를 다른 한쪽에는 구리-니켈 합금을 사용했습니다. 각각의 열전쌍들은 자신들의 구동범위 내에서 더욱 뛰어난 정확성을 제공합니다. 이 열전쌍들에 대한 더욱 자세한 정보는 ANSI를 통해 확인할 수 있습니다.

열전쌍은 종류가 다양할 뿐 아니라 다양한 폼팩터로도 출시됩니다. 모든 열전쌍은 동일한 원리로 작동하지만, 온도 범위, 환경, 기능 및 비용에 따라 선택 가능한 열전쌍들이 있습니다.



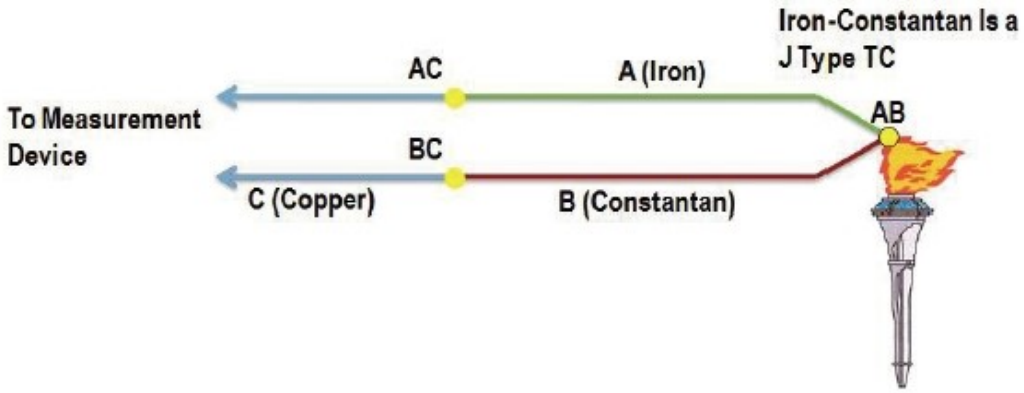
열전쌍이 다양한 종류로 제공되기 때문에 개발자는 부착 방식, 열전쌍의 두께 등 다양한 부분을 고려하여 본인의 어플리케이션에

적당한 센서를 선택할 수 있습니다.
열전쌍을 센서로 선택했으므로, 다음으로 진행해야 할 것은 전압 신호를 수집하고 궁극적으로는 이 전압을 온도 값으로 변환하는 데 필요한 하드웨어를 선택해야 합니다.

대부분의 기존 시스템들이 연결, 신호 컨디셔닝, 아날로그-디지털 변환을 위한 하드웨어를 별도로 제공한다고 앞에서 언급했었습니다. 하지만 최근에는 위 그림의 제품과 같이 신호 컨디셔닝과 아날로그-디지털 변환을 동일한 하드웨어에 통합하는 것이 일반화되었습니다.
그렇다면 신호 컨디셔닝은 왜 중요할까요?
열전쌍을 이용하여 아주 정확한 온도를 측정하기 위해서는 에러 소스를 줄이는데 집중해야 합니다. 정확도를 떨어뜨리는 가장 큰 요인은 냉접점 에러, 노이즈, 측정 디바이스의 오프셋 및 열전쌍 자체에서 유도된 에러입니다.

냉접점 에러

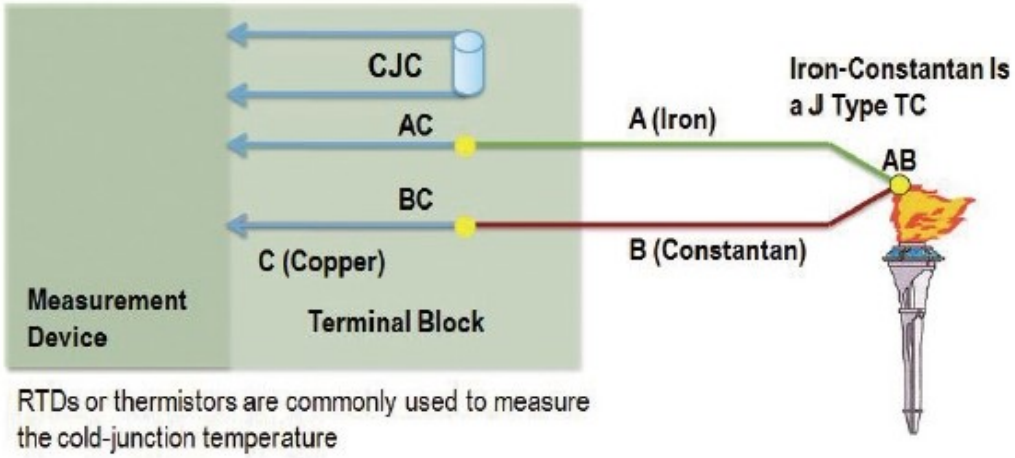
우선 측정 시스템에 냉접정 보상을 추가하여 냉접점 에러를 제거하는 방법에 대해 알아보겠습니다. 냉접점 에러 효과를 표현하기 위해 토치의 온도를 측정하는 시스템을 살펴보겠습니다.



열전쌍은 접점 AB에 연결된 금속 A와 B로 구성되어 있습니다. 열전쌍의 전압을 측정하기 위해 금속 C로 제작된 두 개의 와이어를 이용한 측정 디바이스에 열전쌍을 연결했습니다. 금속 C와 금속 A 및 B의 연결로 시스템에 두 개의 접점이 더 생성되어 총 3개의 접점이 있습니다.

예상했던 것처럼, 뜨거운 접점 AB는 측정 중인 온도에 비례하는 전압을 생성합니다. 하지만 금속 C를 열전쌍에 연결하여 전압을 측정하기 때문에 이러한 냉접점은 추가적인 전압을 생성합니다. 따라서 AB 측정이 아닌 AB+AC+BC를 측정하고 있습니다. 추가 접점이 생성하는 불필요한 전압은 냉접점 에러입니다.

그렇다면 이 에러를 어떻게 없앨 수 있을까요? 냉접점 에러를 제거하기 위해 AC와 BC의 온도를 알아야 합니다. 이 온도를 알면, 전체 측정에서 전압 부분을 빼서 토치의 실제 온도를 얻을 수 있습니다.

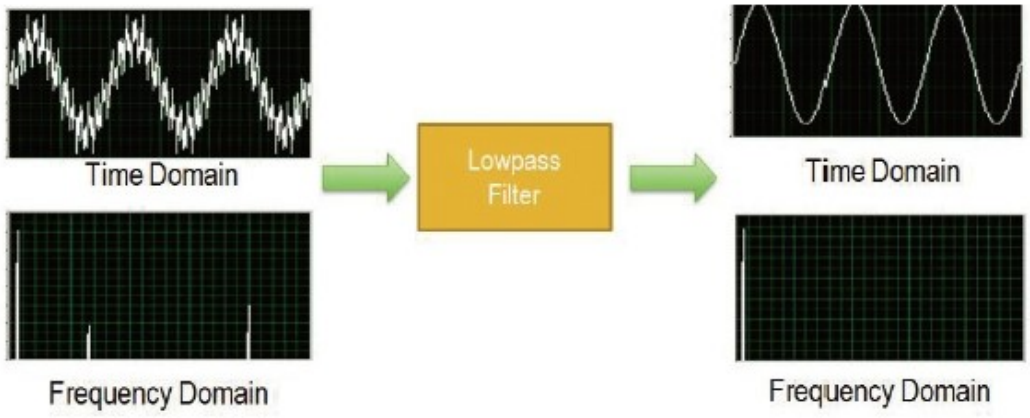


AC와 BC의 온도를 측정하기 위해 열전쌍 측정 시스템은 냉접정 보상 (CJC)이 필요합니다. 대부분의 열전쌍 측정 디바이스에는

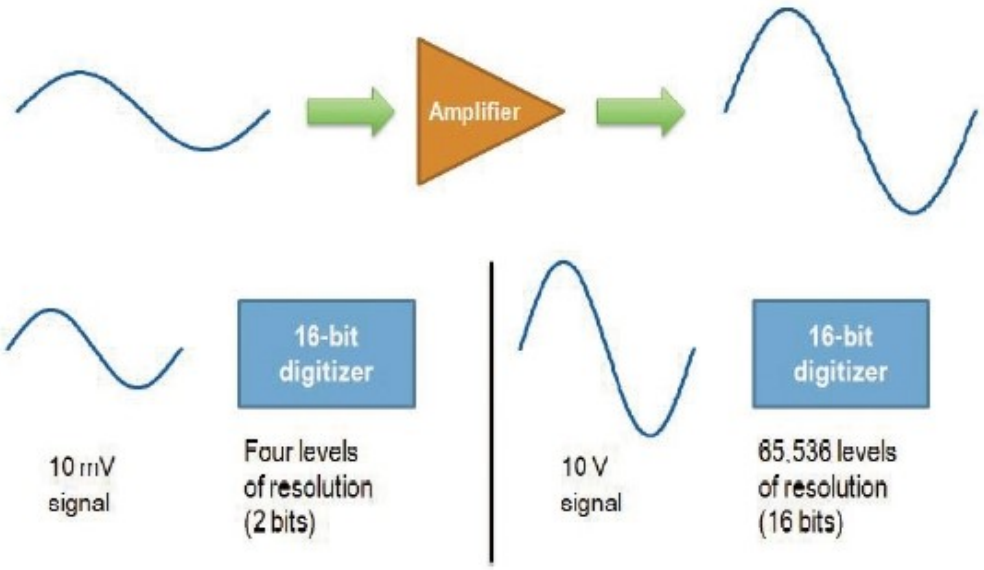
CJC기능이 내장되어 있고 소프트웨어에서 자동으로 스케일링이 가능합니다. RTD, 서미스터, IC 온도 센서가 CJC 소스로 사용됩니다. 이 온도 소스들은 측정이 진행되고 있는 부분의 정확한 온도를 반환해야 합니다. 예를 들어, 측정 하드웨어를 연구실에서 사용하고 있다면, CJC 소스는 정확하게 실내온도(약 섭씨 25도)를 측정할 수 있어야 합니다.

노이즈

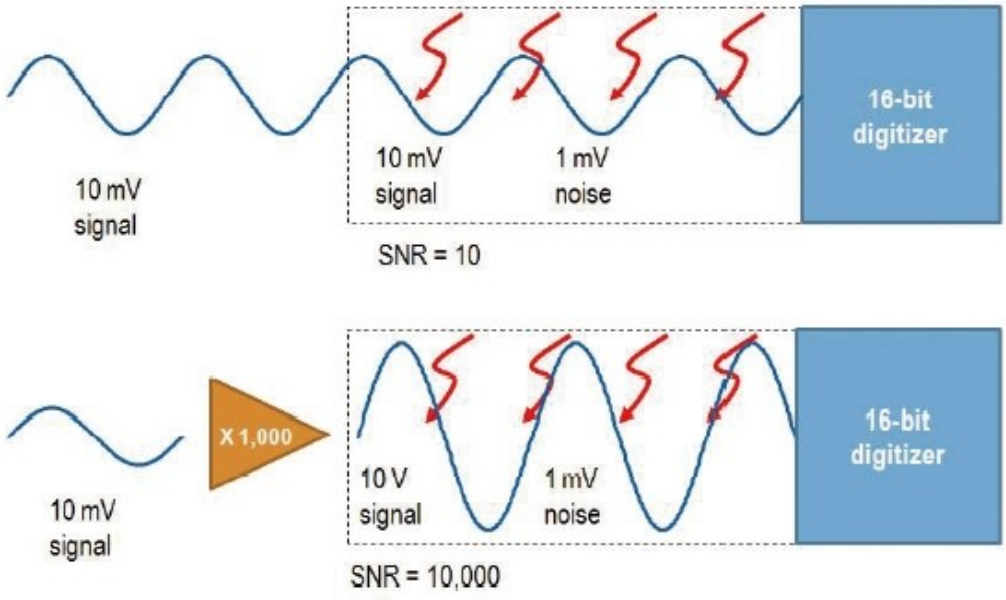
대부분의 측정 신호에서 가장 빈번하게 문제가 되는 것은 노이즈입니다. 하지만 특정한 측정방법들을 통해 노이즈 에러를 최소화할 수 있습니다.



보통 신호는 외부 환경 또는 측정 디바이스의 노이즈에 취약합니다. 예를 들어, 장비의 전원이 연결되는 전원라인을 타고 들어오는 50 및 60 Hz 노이즈 등에 취약합니다.
신호 컨디셔닝을 이용하여 로우패스 필터를 적용했다면, 필터로 고주파수 노이즈를 제거하여 신호를 정확히 볼 수 있습니다.



높은 입력범위를 가진 측정 디바이스에서는 아주 작은 열전쌍 전압을 신호 소스 근처에서 증폭하여 열전쌍의 출력범위와 장비의 입력범위를 일치시킴으로써 시스템의 노이즈 성능을 개선할 수도 있습니다. 이렇게 하면 신호의 진폭은 ADC(Analog Digital Converter)의 입력 범위에 더 잘 일치되며 결과적으로 측정의 민감도(Resolution)가 높아집니다. 예를 들어, 위의 그림에서는 10V 범위의 16-비트 디지타이저에 신호를 입력하고 있습니다. 증폭 없는 상태에서 10 mV 신호는 전체 16비트 분해능 중 2비트만 활용할 수 있습니다. 하지만 증폭된 10V의 신호는 디지타이저의 16비트 분해능을 전부 활용 할 수 있습니다.
증폭은 다른 방법으로도 도움을 줍니다.

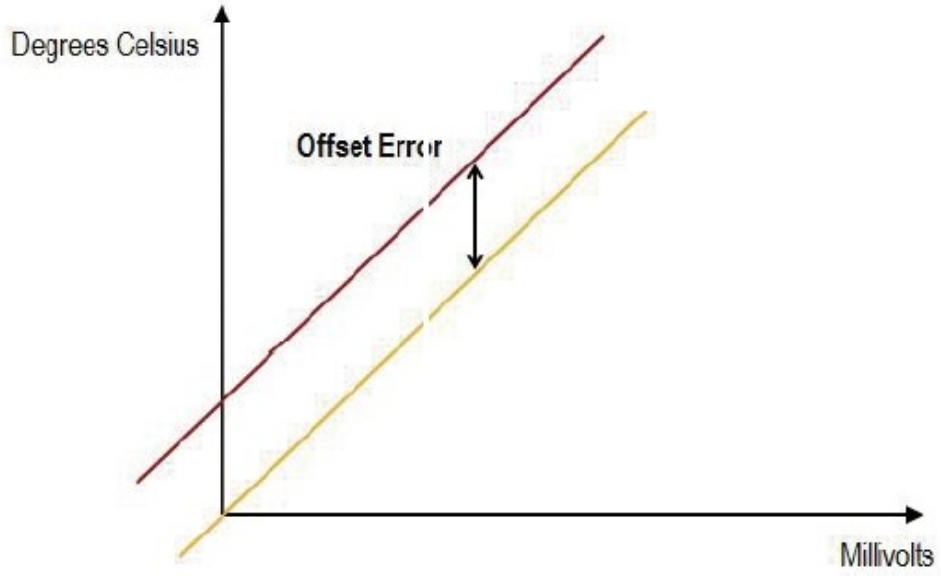


증폭은 신호대잡음비(SNR:Signal to Noise Ratio)도 높여줍니다.

(일반적으로 SNR이 높은 경우 노이즈가 적음)
그림을 보면, 10mV 열전쌍 신호와 1mV 노이즈가 있습니다. 신호대잡음비는 10mV/1mV로, 10이 됩니다.
이 상황을 개선하기 위해 신호가 노이즈에 영향 받기 전, 신호 소스에서 10mV 신호를 100배로 증폭하여 10V로 만들어줍니다. 증폭된 신호는 이전과 동일한 1mV 노이즈가 더해지게 되지만 , 신호대잡음비는 10000으로 크게 개선됩니다.
신호가 노이즈에 영향 받기 전에 신호 소스에서 신호를 증폭시키는 것이 중요합니다. 그렇게 하지 못할 경우, 노이즈와 신호를 둘 다 증폭시키게 되며 신호대잡음비는 전혀 개선되지 않습니다.

디바이스 오프셋

이제 디바이스 오프셋 에러에 대해 알아보겠습니다.
오프셋 에러는 참조 온도에 비례하여 측정된 온도의 편차입니다. 열전쌍은 0V에 아주 가까운 신호를 출력하기도 하고 전체 입력 범위 자체가 밀리볼트로 작기 때문에 측정된 디바이스의 오프셋 에러는 전체 정확도에 크게 영향을 미칠 수 있습니다.



이를 보상하기 위해 많은 디바이스들이 회로의 내부 오프셋을 자동으로 측정하여 보정하는 오토제로 기능을 내장하고 있습니다. 디바이스가 오토제로 기능을 내장하고 있다면, 오프셋 에러를 측정하여 측정 디바이스의 오프셋 편차를 보상하는데 더없이 좋습니다. NI 다양한 온도 모듈들은 모든 측정용 입력 회로의 오프셋

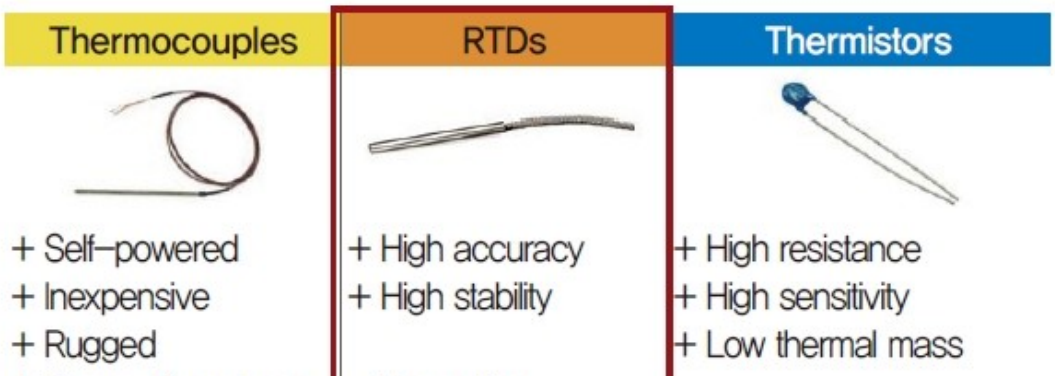
을 자동으로 측정하고 처리하는 오토제로 기능이 포함되어 있습니다. 이 기능을 이용하면 오프셋 에러와 편차가 다른 에러 소스에 비례하여 거의 무시해도 될 수준으로 줄어듭니다.
만약 오토제로가 디바이스에서 제공되지 않는다면, 측정 디바이스의 전체 정확도에 영향을 미치는 오프셋 에러 사양을 확인하고 디바이스를 주기적으로 교정해야 합니다.

열전쌍 자체 에러

마지막 에러 소스는 열전쌍 자체에서 발생합니다. 사용되는 열전쌍의 속성에 영향을 받는 것입니다. 열전쌍이 생성한 전압은 온도가 측정되는 지점과 디바이스에 연결되는 지점간의 온도차에 비례합니다.

금속에는 불순물이 있기 때문에 열전쌍 와이어의 길이로 발생하는 온도차이가 에러를 유도할 수 있습니다. 이 차이는 대부분 측정 디바이스의 크기에 비례하여 커질 수 있습니다. 사용하는 타입의 열전쌍 문서를 참고하면 이 온도차이가 전체 측정에 미치는 영향에 대해 확인 할 수 있습니다.

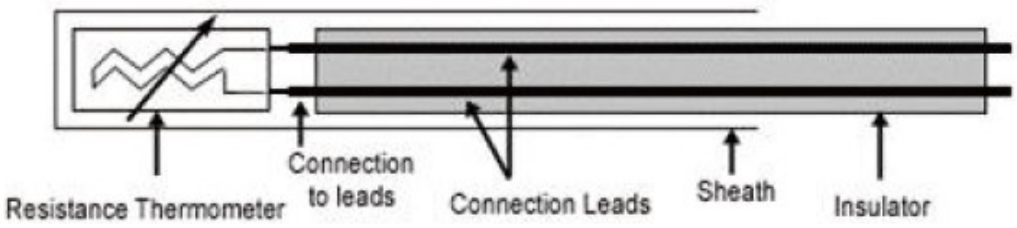
열전쌍에 대해 알아보았으므로 이번에는 온도 어플리케이션에 RTD를 이용하는 방법에 대해 간략히 알아보겠습니다.



+ Temperature range	– Expensive	
	– Requires current	– Highly nonlinear output
– Low voltage	– Low resistance	– Limited operating range
– Requires CJC	– Self–heating	– Requires current
– Variable accuracy		– Self–heating

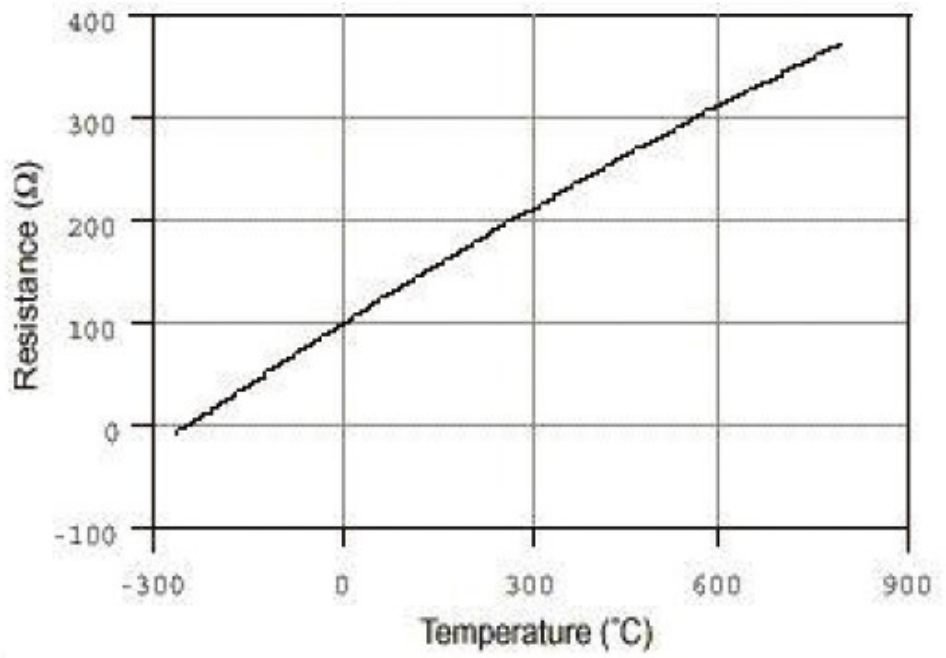
RTD는 고정확성과 안정성을 위해 가장 많이 사용되지만, 작동시키려면 전류 구동이 필요합니다. RTD는 반응 시간이 늦고 민감도가 낮다는 특성을 가지고 있으며 전류 구동이 필요하기 때문에 스스로 발열되기 쉽습니다.

백금 RTD는 금속 코일 또는 금속 필름으로 제작됩니다 (보통 백금이라고 함). 이 백금에 열이 발생하면 저항이 높아지고 차가워지면 저항이 낮아집니다.



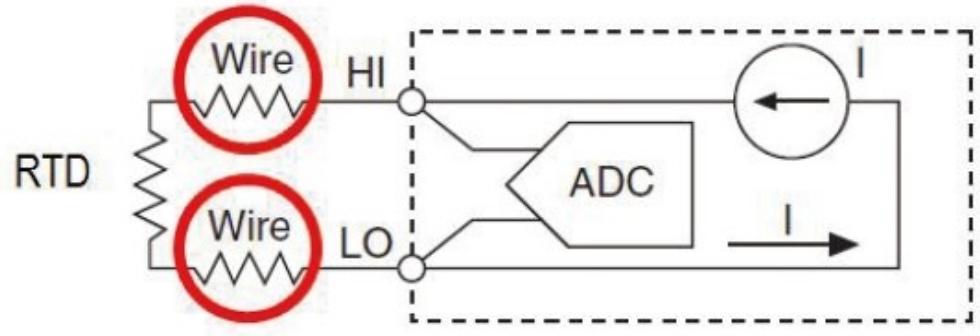
RTD를 통해 전류를 전달하면 RTD에 전압이 생성됩니다. 이 전압을 측정하면, 저항을 파악할 수 있게 되어 온도를 파악할 수 있습니다. 저항과 온도간의 관계는 상대적으로 선형입니다. 일반적으로 RTD는 100 Ω의 저항을 가지고 있고 0 °C이며 최고 850 °C를 측정할 수 있습니다.

RTD는 순수 금속의 전기 저항이 변화하는 원리로 작동하고 온도와 함께 선형 양이 변화한다는 특징이 있습니다.



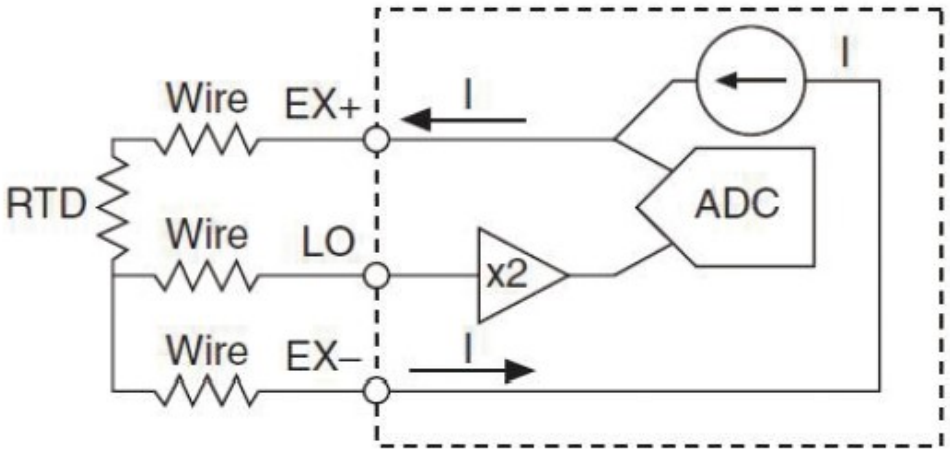
RTD에 사용되는 일반적인 물질은 니켈 (Ni)과 구리 (Cu)이지만, 온도 범위, 정확도 및 안정성이 뛰어난 백금이 가장 많이 사용되고 있습니다.
RTD로 온도를 측정하기 위해서는 우선 반드시 구동 전류를 발생시켜야 합니다. 그 후, RTD의 터미널에서 발생하는 전압을 읽고 마지막으로 이 전압을 온도로 변환합니다.
전류 구동을 더 많이 보낼수록 자가 발열은 더 심해져 측정 정확도를 떨어뜨린다는 것을 잘 알고 있어야 합니다. 이 에러를 줄이기 위해서는 구동 전류를 가능한 최소화해야 합니다.

RTD를 연결하는 데는 2-와이어 모드, 3-와이어 모드, 4-와이어 모드의 세 가지 방법이 있습니다.
2-와이어 방식을 이용하면 RTD에 구동 전류를 제공하는 두 개의 와이어와 RTD 전압이 측정되는 두 개의 와이어는 동일하게 측정됩니다.



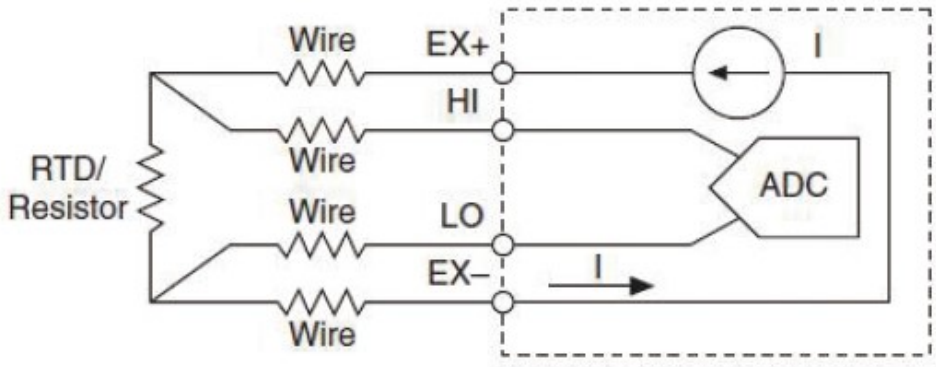
와이어의 리드 저항이 높을 경우 측정된 전압 Vo는 RTD 자체에 나타나는 전압보다 훨씬 크기 때문에 이 방식은 상대적으로 정확도가 떨어집니다.

3-와이어 방식은 3개의 테스트 리드를 사용합니다. 한 쌍은 주입 전류에 사용되고 나머지 하나는 리드 와이어 저항을 보상하기 위해 사용됩니다.



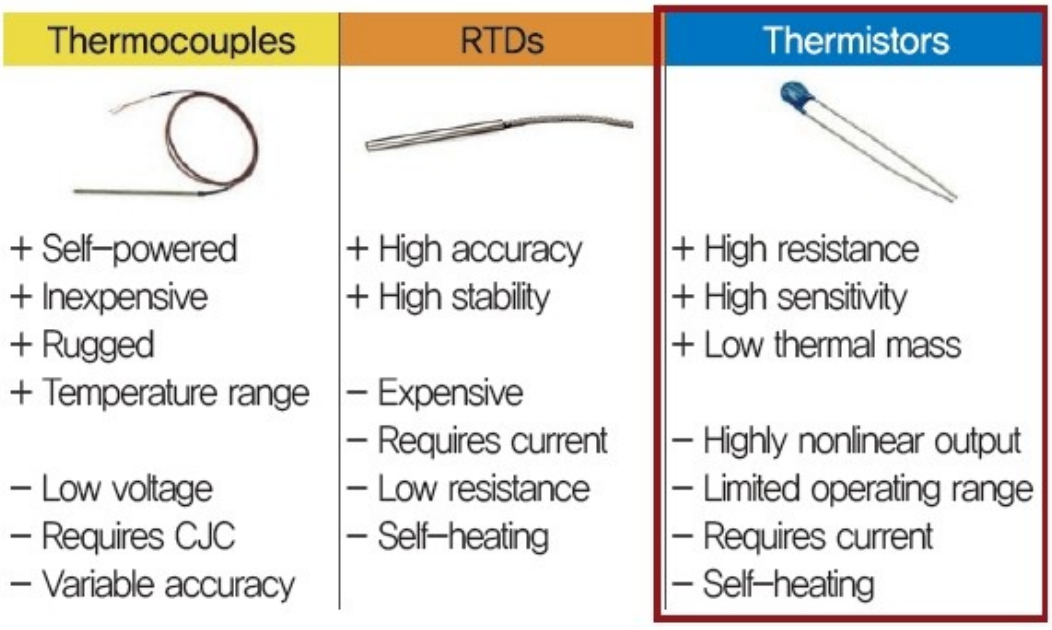
3-와이어 모드에서 DAQ 디바이스는 전류를 공급받으며, 이 전류는 EX+ 터미널과 EX- 터미널간 로드의 저항에 따라 다변화됩니다. 이 모드에서 DAQ 디바이스는 2x 게인을 음 리드 와이어의 전압에 적용하여 리드 와이어 저항을 보상합니다. ADC는 이 전압을 음 참조로 이용하여 양 리드 와이어의 저항 에러를 무효화시킵니다. 일부 구형 디바이스는 보상을 제공하지 않습니다. 이런 경우, 소프트웨어에서 추출될 수 있도록 리드 와이어 저항을 지정해 주어야 합니다.

4-와이어 방식은 전압 측정을 수행 중인 디바이스를 통해 이동하는 높은 임피던스 경로에 리드 저항이 있기 때문에 이 리드 저항에 영향을 받지 않는다는 장점이 있습니다. 따라서 RTD에서 보다 정확한 측정을 얻게 됩니다.



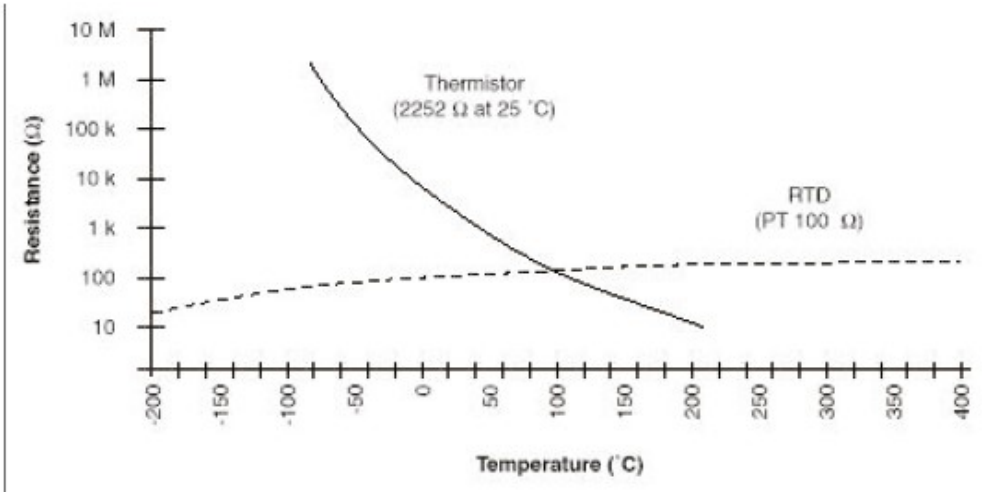
열전쌍 측정과 마찬가지로 RTD도 연구실과 산업 현장의 전력선으로부터 발생하는 노이즈 효과를 제거하기 위한 필터링이 필요합니다.

이제 마지막 온도센서인 서미스터 대해 알아보겠습니다. 서미스터는 가장 높은 민감도를 가지고 있으며 RTD와 같이 전류 구동이 필요합니다.

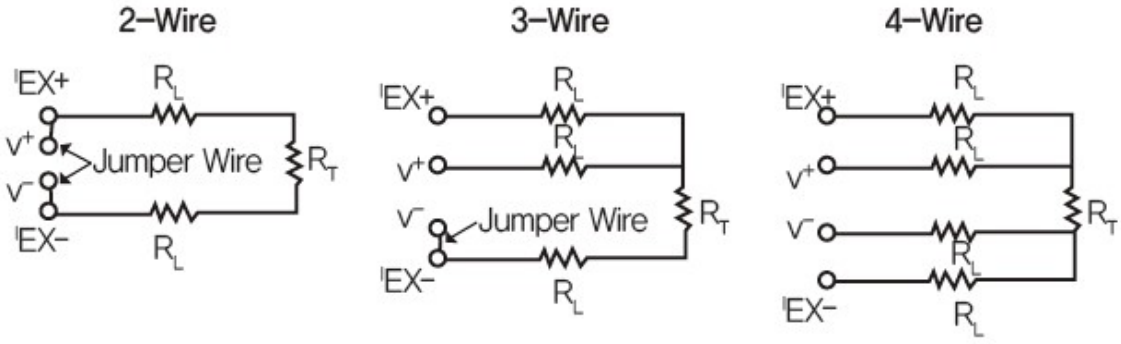


서미스터는 온도에 따라 민감도가 변하는 저항기인 RTD와 비슷합니다. 서미스터와 RTD간의 가장 큰 차이점은 서미스터가 유리 또는 에폭시로 코팅된 금속 산화막 반도체 물질로 제작되었다는 것입니다. 서미스터는 두 가지 다른 형태인 NTC (Negative Temperatue Coefficient)와 PTC (Positive Temperature Coefficient)로 출시됩니다. NTC 서미스터는 온도가 증가하면 민감도가 떨어지고 PTC 서미스터는 온도가 증가하면 민감도가 증가합니다.

서미스터는 RTD보다 온도에 대한 민감도가 훨씬 높으며 더 높은 최소 저항을 가지고 있으며 앞서 살펴본 리드 저항 노이즈 효과에 덜 민감합니다. 서미스터의 주 단점은 온도 범위가 낮고 매우 비선형적인 출력을 한다는 것입니다.



위 그래프는 일반적인 100 Ω RTD 온도 커브와 비교한 온도 커브를 나타냅니다. RTD와 같이 서미스터는 2, 3, 4 와이어 모드를 가지고 있습니다.



일반적으로 서미스터는 작은 범위에서 정확성이 더욱 뛰어납니다. RTD와 TC가 잘 처리하지 못하는 매우 높거나 낮은 온도를 다룰 경우 서미스터가 특히 좋습니다.

지금까지 온도 센서 중 가장 많이 사용되는 열전쌍, RTD, 써미스터에 대해 알아보았습니다. 측정 엔지니어는 본인의 어플리케이션에 필요한 조건들을 확인하여 어떤 센서들을 사용 할 지를 결정할 수 있어야 하며 그에 따른 장점과 단점들, 그리고 발생 할 수 있는 트러블들을 해결 할 수 있는 능력을 갖추어야 합니다. 이를 위해서 NI에서는 다양한 방식으로 최적의 측정값을 얻을 수 있는 다양한 HW와 SW를 제공하고 있습니다. 전체적인 측정 어플리케

이션 구성이 필요 한 경우 ni.com/daq/ko 페이지에서 본인의 어플리케이션에 최적화된 시스템 대한 자세한 정보를 얻을 수 있습니다. 다음 시간에는 모든 동작하는 장비와 연관되어있는 진동에 대해 알아보도록 하겠습니다.