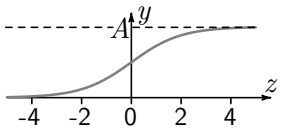
E1 - 딥러닝 (10점)

현대의 ANN(인공 신경망)은 수십억 개의 뉴런으로 이루어져 있다. 각 뉴런은 입력 $x_1, x_2, \ldots, x_n$을 출력 y로 바꾼다. 먼저

$$z = w_1 x_1 + w_2 x_2 + \cdots + w_n x_n + b$$

를 계산하는데, 여기서 w_i는 실수인 가중치, b는 실수인 편향이다. 그다음 z에 활성화 함수를 적용하여 최종 출력 $y(x_1, x_2, \ldots)$를 만든다. 이 문제에서는 전압 x_1, x_2를 입력으로 하고, 아래 그래프와 같은 활성화 함수 $A\sigma(z)$를 갖는 뉴런의 물리적 모형을 연구한다. 여기서 $\sigma(z) = 1/(1+\exp(-z))$는 시그모이드 함수이다.



장비

중요! 전원 콘센트를 끄지 마시오.

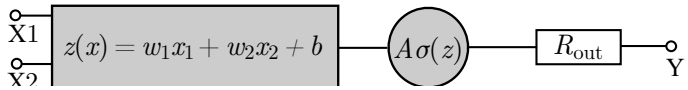
(i) 전압원, 뉴런을 모형화하는 전자 회로, 가변 저항기 두 개(A-가변저항기와 B-가변저항기)가 들어 있는 상자. 상자의 전기 단자는 다음과 같다:

1 전기적으로 연결된 GND 단자 두 개: +V, x_1, x_2, y의 공통 음극 단자 역할을 하는 전기적 접지.

2 +V: 전압원의 양극 단자.

3 X1과 X2: 뉴런 입력 전압 x_1과 x_2의 양극 단자. **두 단자 가운데 어느 하나라도 입력 전압이 없으면 뉴런의 출력은 예측할 수 없게 동작한다.**

4 Y: 양극 출력 단자. 이상적인 전압 y의 전압원과 직렬 출력 저항 R_{out}으로 이루어진 실제 전압원처럼 동작하며, 아래와 같이 작동한다.



5 A1, A2, A3: A-가변저항기의 단자.

6 B1, B2, B3: B-가변저항기의 단자.

7 T: 쓰지 않는 단자.

(ii) 탐침 전선 두 개가 달린 디지털 멀티미터.

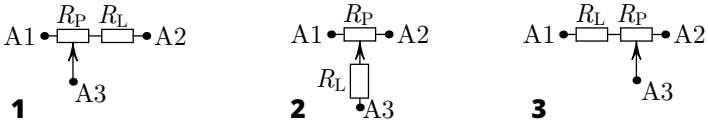
(iii) 바나나 커넥터가 달린 전선. 상자의 바나나 커넥터 구멍을 이용해 같은 단자에 전선을 두 개 이상 연결할 수 있다. 바나나 커넥터를 멀티미터에 꽂으면 연결이 불안정할 수 있다. 필요하면 악어 클립을 쓰시오.

(iv) 모눈종이. 필요하면 더 요청할 수 있다.

과제 1 (0.5점)

단자 A1, A2, A3은 A-가변저항기 R_P와 추가 부하 저항 R_L에 연결되어 있다.

아래 회로 가운데 어느 것이 상자 안의 회로에 해당하는가? 저항 R_L과 R_P를 구하시오. 측정한 내용을 기록하시오.



참고 B-가변저항기는 단자 B1, B2, B3에 정확히 같은 방식으로, 제조 공차 안에서 같은 저항 R_L과 R_P로 연결되어 있다.

과제 2 - (0.5점)

뉴런의 입력 전압을 가능한 한 넓은 범위에서 바꿀 수 있도록 단자를 어떻게 연결해야 하는지 그리시오.

과제 3 - (1.5점)

처음 시작한 입력 전압 조합과 관계없이, 가능한 한 적은 수의 측정으로 출력 전압 y를 최대로 만드는 입력 전압 x_1, x_2의 조합을 찾는 방법을 고안(하고 기록)하시오. 이 최대 전압 $y_{\max}$를 구하시오. 이 값은 이후 진폭 A의 근삿값으로 쓴다. 측정한 내용을 기록하시오.

과제 4 - (3.5점)

가중치 w_1, w_2와 편향 b를 구하시오. 측정 방법을 설명하고 데이터를 표로 기록하시오. 그래프를 이용해 w_1, w_2, b를 구하시오.

훈련은 원하는 기능을 얻도록 신경망의 가중치를 최적화하는 것이다. 이를 통해 ANN은 임의의 함수를 근사할 수 있다. 다음 과제들에서는 주어진 장비로 입력 전압 하나의 서로 다른 함수를 근사해야 한다. 회로에서 정의한 입력과 출력이 분명하게 표시되도록 하시오.

과제 5 - (1.5점)

단자 X1을 +V에 직접 연결하시오. 함수 $y_5(x) = A\sigma(w_2 x/2 + b_5)$를 근사하는 회로를 설계하시오. 여기서 x는 새로 정의한 입력 단자에 가하는 전압이다. b_5를 이론적으로 구하시오. 회로를 꾸미고 측정하여 장치가 예상대로 작동하는지 확인하시오. 데이터로 b_5의 값을 확인하시오.

과제 6 - (2.5점)

a Y 단자의 내부 직렬 출력 저항 R_{out}을 구하시오. (0.5점)

b 함수 $y_6(x) = A_6 \cdot \sigma(w_2 x + b) + B_6$을 근사하는 회로를 설계하고 꾸미시오. 여기서 $B_6 = 1.48\,\text{V}$이다. A_6을 이론적으로 구하시오. 회로를 꾸미고 장치가 예상대로 작동하는지 실험으로 확인하시오. 데이터로 A_6과 B_6의 값을 확인하시오. (2.0점)

E2 - 숨은 무늬 (10점)

표면에 맨눈으로는 보이지 않는 미세 무늬가 인쇄된 평평한 반투명 박막이 주어진다. 무늬는 진폭 A인 똑같은 사인 곡선 여러 개가 공간 주기 Λ로 가로로 이어지고, 그림 1에 개략적으로 보인 것처럼 서로 거리 d만큼 세로로 어긋나 있는 모양이다. 현미경으로 보면, 인쇄된 무늬는 그림 2처럼 엄밀히 가로인 선분들로 이루어져 있고, 각 선분은 이웃한 선분에서 일정한 간격 s만큼 세로로 어긋나 있다.

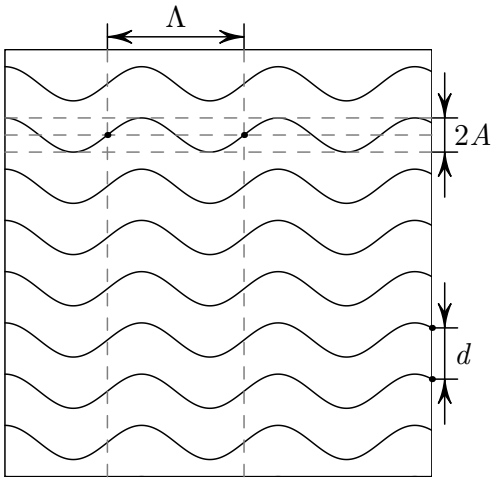


그림 1: 무늬(축척은 실제와 다름)

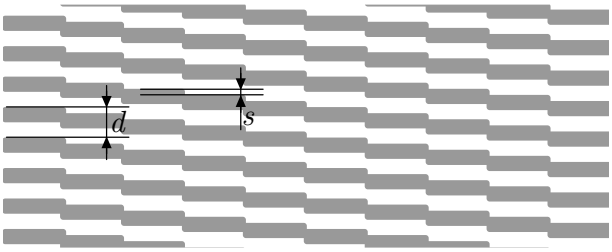


그림 2: 현미경으로 본 무늬

장비 (그림 3도 참고)

A 표면에 미세 무늬가 인쇄된 반투명 박막.

B 파장 $\lambda = (654 \pm 5)\,\mathrm{nm}$인 레이저 다이오드. 안에 렌즈가 든 끝 마개를 돌려 원하는 거리에 초점을 맞출 수 있다.

경고: 끝 마개를 완전히 풀지 마시오! 안에는 방향이 정해진 렌즈와 용수철이 들어 있다. 손상되거나 분해되면 레이저를 새로 주지 않는다.

C 박막과 레이저 다이오드의 받침대로 쓰는 90도 L자형 강철판 두 개. 박막은 주어진 작은 클립으로 한 판에 고정할 수 있다. 레이저 다이오드는 더 큰 색깔 클립이나 주어진 고무줄로 다른 판에 붙일 수 있다.

D 각도기가 인쇄된 종이 – 반지름 방향으로 1 mm 간격, 각도 방향으로 1도 간격의 극좌표 눈금.

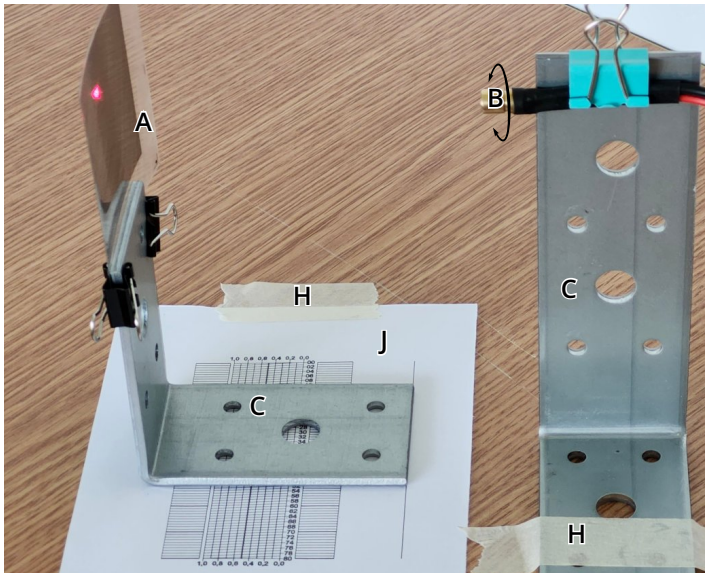


그림 3: 실험을 위해 배치한 부품 A, B, C, H, J.

E 스크린: 실험 재료가 든 상자의 넓은 면. 상자를 비우고 넓은 면이 수직이 되도록 책상에 놓으시오.

F 자.

G 줄자.

H 자에 붙어 있는 접착테이프. 테이프 조각으로 인쇄된 각도기를 스크린에 붙이거나 부품을 책상에 고정하시오. 필요하면 테이프를 더 요청할 수 있다.

I 밀리미터 모눈종이.

J 주 눈금 칸의 일부를 $\pm 0.1\,\mathrm{mm}$의 정확도로 읽을 수 있는 대각선 기준선이 그려진 80 mm 종이 눈금자.

힌트: 모든 측정에서 스크린에 그림을 그리거나 표시를 해도 된다.
중요: 실험 책상의 면은 평평하고, 스크린은 책상에 엄밀히 수직이라고 가정하시오.

과제 (10.0점)

다음을 가능한 한 정밀하게 구하시오:

a 사인 곡선의 주기 Λ. (2점)

b 이웃한 사인 곡선 사이의 세로 어긋남 d (2점)

c 사인 곡선의 진폭 A (3점)

d 계단의 높이 s (3점)

모든 과제에서 다음을 해야 한다:

1. 해당 양을 측정하는 장치를 그리거나 방법의 근거를 제시한다;
2. 측정과 계산을 표로 정리하여 보고한다;
3. 적절한 경우, 구하려는 양과 그 불확도를 그래프로 추정한다.