

Classical-Quantum Hybrid Convolutional Neural Network

<https://youtu.be/1txvVFMZAm4>

IT융합공학부 송경주

CNN

Classical Quantum Hybrid NN

결론

PyTorch

- PyTorch
 - 파이썬 기반 오픈소스 머신러닝 라이브러리
 - 페이스북 인공지능 연구집단 개발
 - Neural Network 구현 가능



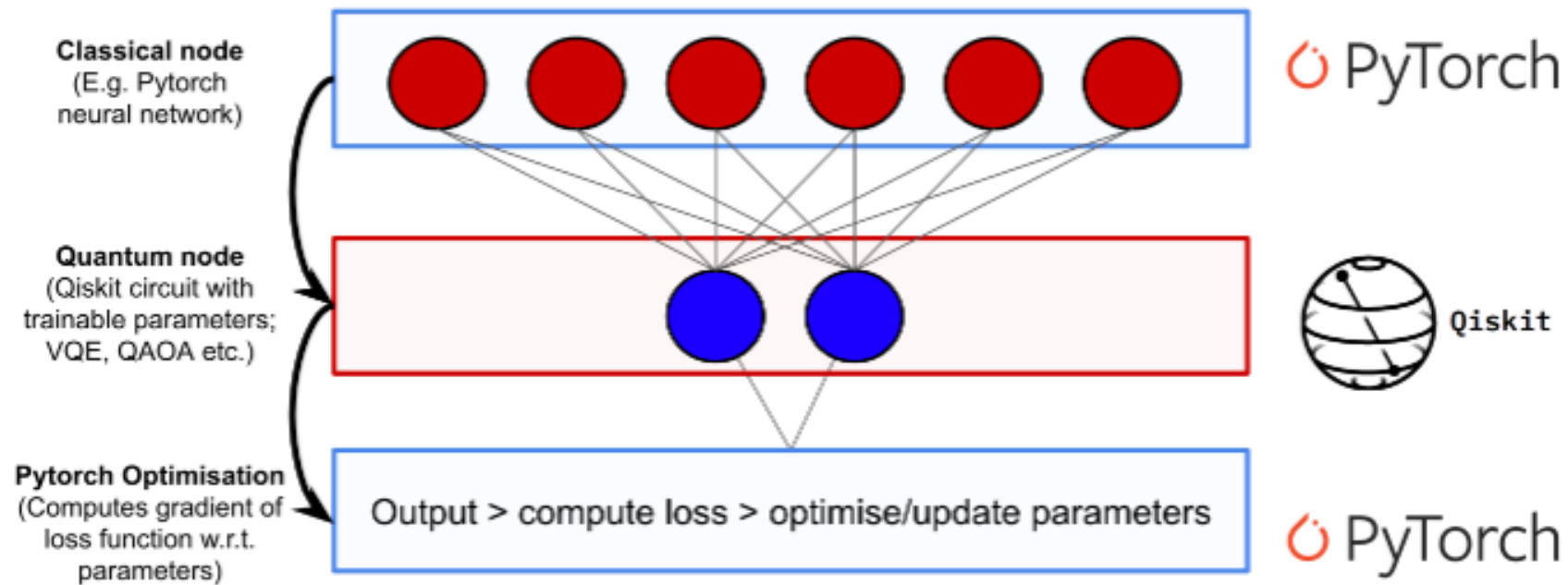
Qiskit

- Qiskit
 - 오픈소스 Quantum Development
 - IBM 개발
 - Quantum Circuit 구현 가능



PyTorch and Qiskit

Qiskit을 사용하면 기존 PyTorch의 Neural Network를 사용할 수 있음.
PyTorch의 Classical node에 Qiskit의 Quantum node를 추가하여 구현 가능.



CNN

- CNN : 일반적으로 시각적 이미지 분류에 사용.

- 동작과정

특징 추출 → 위상 변화에 영향을 받지 않도록 구현 → 분류

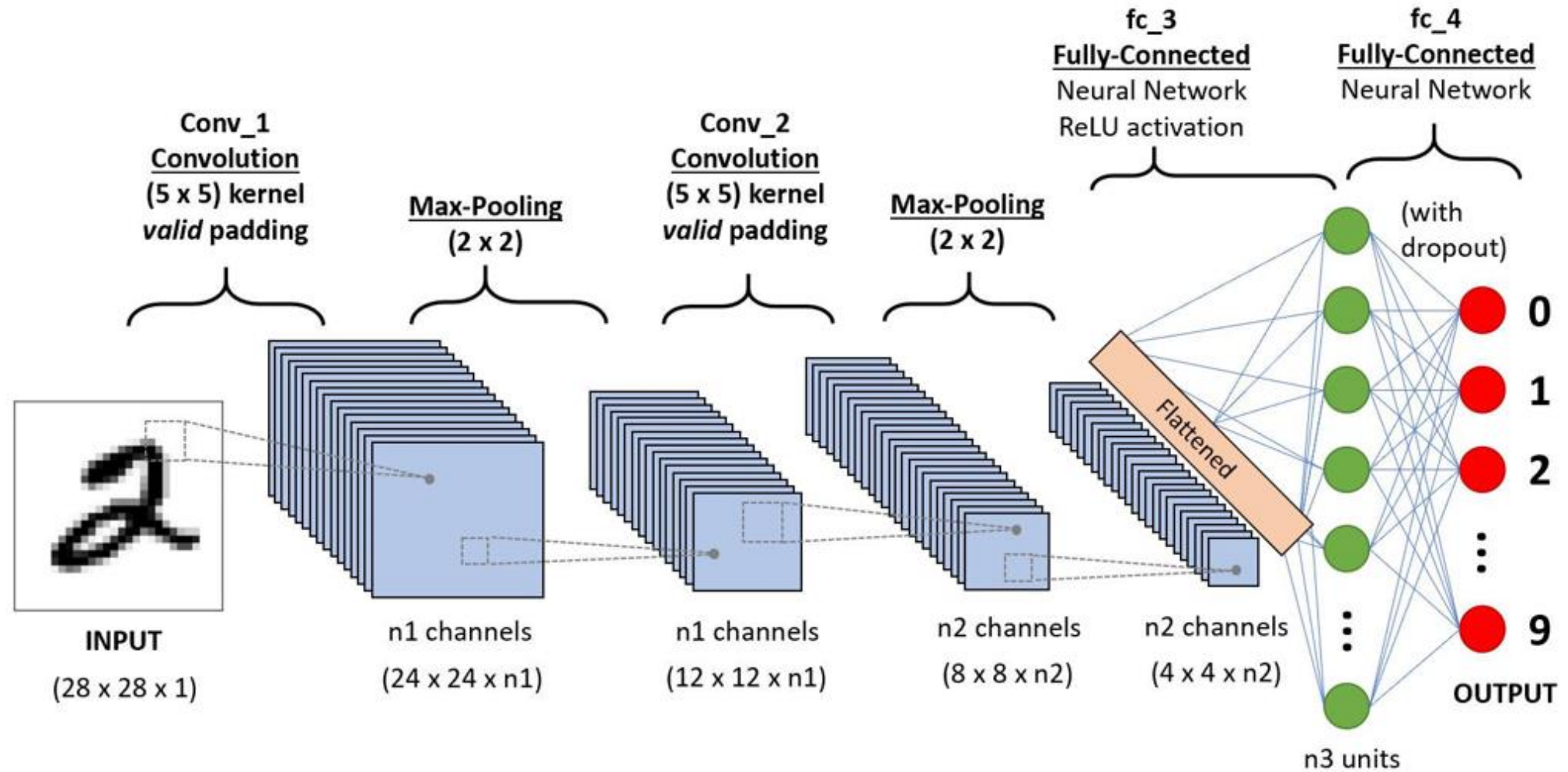
(filter, sub-sampling 과정의 반복을 통해 특징 추출과 위상 변화에 불변하는 특징을 얻음)

- 구조

Convolution : feature map 생성

Subsampling : feature map 크기를 줄임

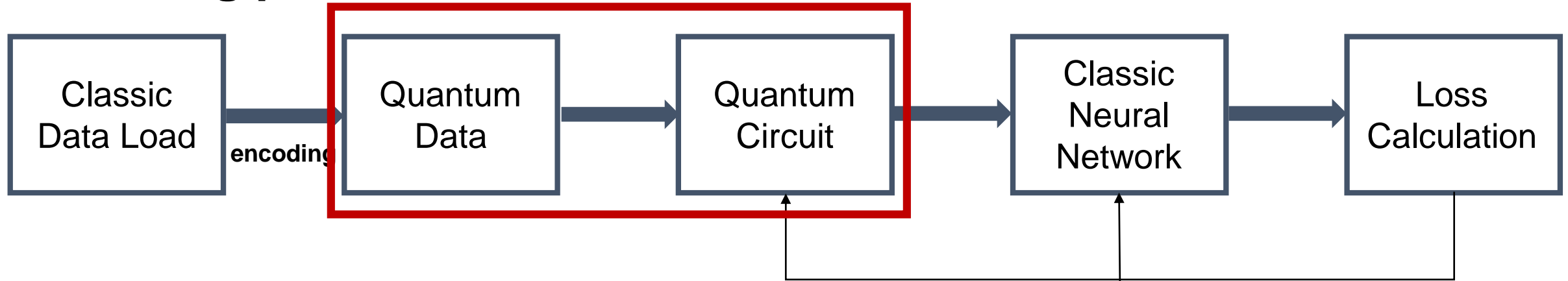
CNN



A CNN sequence to classify handwritten digits

Classical-Quantum Hybrid Convolutional Neural Network

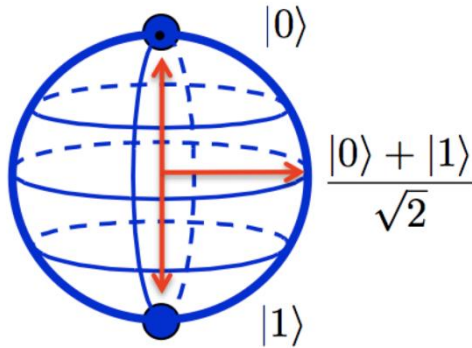
• Training process



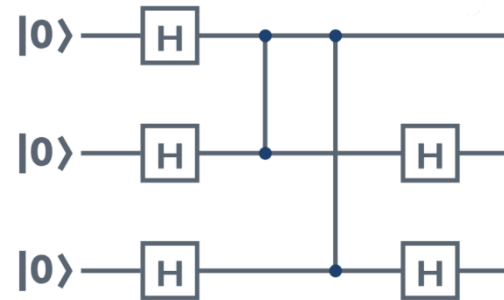
● 0

● 1

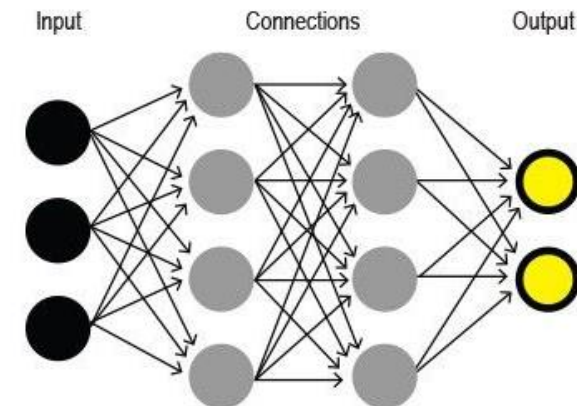
Classical Bit



Qubit



Parameter update



Encoding to quantum data

- 전체 과정

Classic data \rightarrow theta \rightarrow quantum filter

- **Threshold를 기준으로 theta 설정 및 rotation 연산 (Rx, Ry, Rz)**

- ❖ Ex) MNIST dataset을 사용할 때 0~255의 픽셀값의 중간 값인 127으로 threshold 설정
(MNIST dataset : 흰색 또는 검은색 픽셀 값으로 이루어진 흑백 이미지)

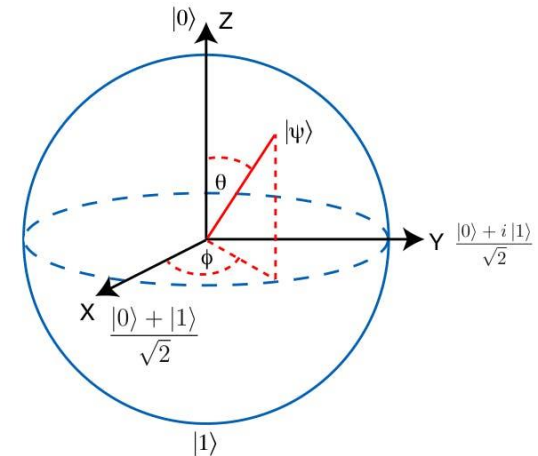
threshold 미만 $\rightarrow 0$

threshold 이상 $\rightarrow \pi$ (3.141592...)

- ❖ theta값에 따라 큐비트의 위상을 바꿈. (rx, ry, rz)

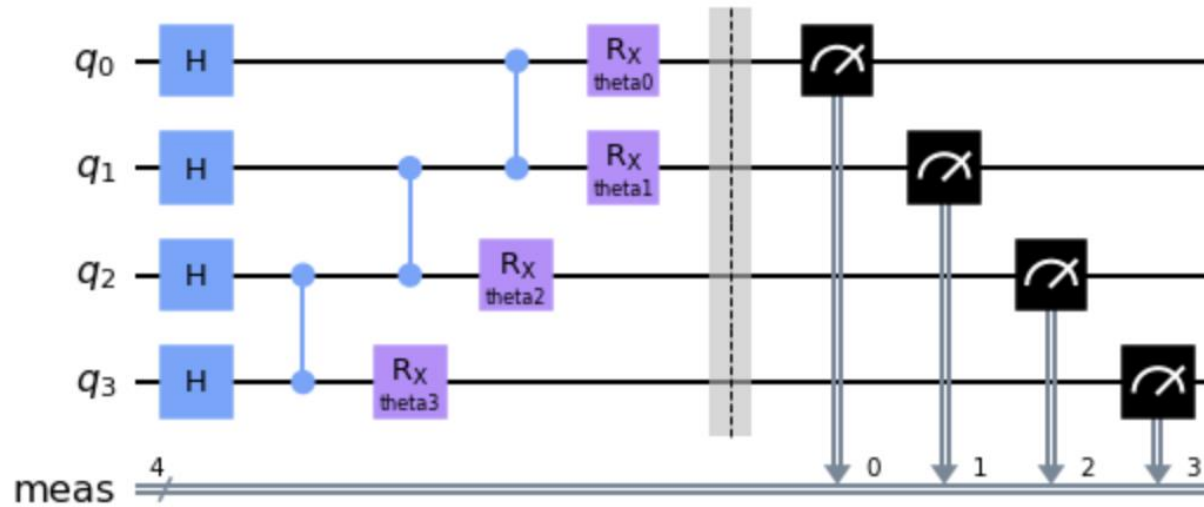
```
self._circuit.rx(self.theta[i], i)
```

- classic data를 통해 얻은 값을 theta로 설정한 후, quantum filter 에 사용



Quantum Circuit

- Quantum gate를 이용해 Qubit 상태에 변화를 줌.
- 다양한 양자회로 필터 사용 가능
(depth, 게이트 비용, 정확도 등을 고려해 필터를 선택 해야함)



Quantum Circuit

- 다양한 양자회로 적용 결과

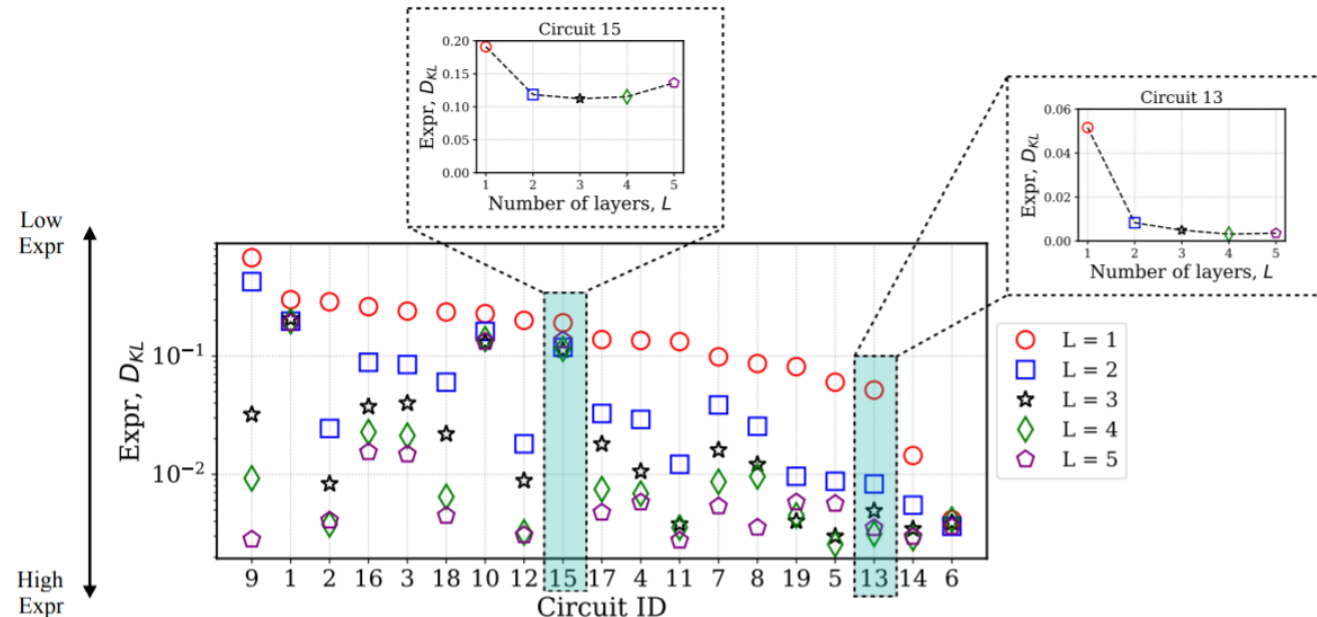
- Low Expr → High Expr : 낮은 정확도 → 높은 정확도

- 회로마다 정확도의 차이

- 회로의 depth와 정확도를 함께 비교해 봤을때 비교적 depth가 크면 높은 정확도를 보였으나 예외의 경우도 존재.

Depth : 양자 게이트 깊이
(일반적으로 뎁스가 클수록 시뮬레이션 시간이 오래걸림)

정확도 : 분류 정확도
(인공지능 평가 지표로 사용됨)



결론 및 한계점

- 시뮬레이션 상황으로 depth가 깊어 오래걸리는 양자회로를 실행시키는데 시간이 너무 오래걸림.
- 제한된 큐비트수로 인해 미니 양자 회로만 사용 가능할거 같다는 한계점이 있음.

연구 진행 방향

- 속도 개선을 위해 양자회로의 depth와 게이트 비용은 낮추되 정확도를 유지할 수 있도록 하는 방법? 회로? 알아보기.
- 보안과 관련해서 어떻게 연관지을지 생각 (ex. 암호해독 등등)

Q & A