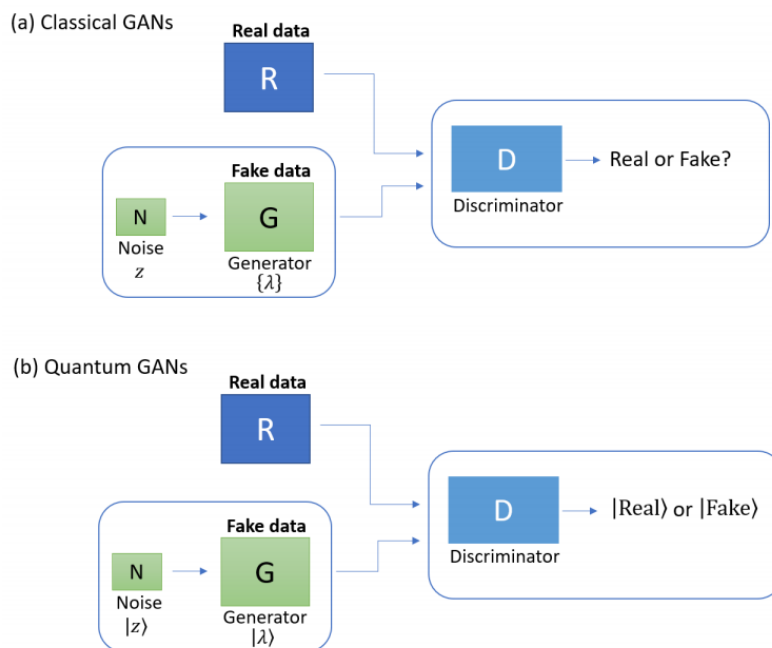


QuGAN คืออะไร

Quantum Generative Adversarial Networks หรือ QuGAN เป็น Quantum version ของ GAN ที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของโครงสร้างต่าง ๆ ให้สามารถใช้งานกับ Quantum Computer ได้

QuGAN Structure

โครงสร้างของ QuGAN มีลักษณะที่เหมือนกับ Classical GAN โดยมีส่วนของ Generator และ Discriminator แยกออกจากกัน ดังตัวอย่าง



ซึ่งโครงสร้างของ QuGAN มีส่วนที่แตกต่างจาก Classical GAN ที่ Input และ Output ของระบบ ที่ใน QuGAN จะรับ Input ในรูปแบบ Quantum State และมี Output เป็น Quantum State

และ ผลลัพธ์ของ Generator จะมี Distribution ที่แตกต่างจาก Classical GAN เช่นกัน โดยใน Classical GAN ตัว Generator จะ Generate samples จาก Distribution : $p(x)$ ซึ่งจะแตกต่างไปใน QuGAN ที่จะ Generate samples จาก Distribution : $p(x|\lambda)$ โดยที่ $|\lambda\rangle$ คือ Label State ซึ่งหมายความว่า ในส่วนของ Generator จะมีการเรียนรู้ในลักษณะ Supervised Learning โดยมี $|\lambda\rangle$ เป็น Label State

ในส่วนของ Discriminator จะมีลักษณะที่คล้ายกับ Classical GAN แต่จะมี Output เป็น Quantum State $|Real\rangle$ กับ $|Fake\rangle$ แทน

QuGAN Circuit Design

ใน QuGAN นั้นประกอบไปด้วย Quantum Circuit 3 ส่วนด้วยกันที่จำเป็นต้องออกแบบ

1. Real data circuit ใช้สำหรับการสร้าง Real data
2. Generator ใช้สำหรับ generate state
3. Discriminator ใช้สำหรับจับผิด generated data

Real data circuit

ในส่วน Real data circuit จะใช้เป็น Rotational gate เพื่อสร้าง Vector ต้นแบบที่เราต้องการ

โดยมีโครงสร้างลักษณะดังนี้

0: —H———Rot(0.524, 1.57, 0.449)—

Generator

ในส่วน Generator ได้มีการอ้างอิงจากที่ใน Classical Gan จะใช้เป็น Convolutional layers ซึ่งในตัว paper จึงได้เลือกใช้เป็น Quantum Convolutional Layers เช่นเดียวกัน

[1810.03787.pdf \(arxiv.org\)](https://arxiv.org/pdf/1810.03787.pdf)

โดยมีโครงสร้างลักษณะดังนี้

0: —H———RX(3.14)——RY(1.56)——RZ(-0.18)—C—RX(0.0984)——RY(0.288)——RZ(0.0356)—
1: —RX(0.348)——RY(-0.289)——RZ(-0.904)———X———

Discriminator

ในส่วน Discriminator ถูกออกแบบให้มีลักษณะเหมือนกับ Generator เพื่อให้ไม่เกิด Bias ระหว่าง การสร้าง และ การจับผิด

โดยมีโครงสร้างลักษณะดังนี้

0: —H———RX(0.296)——RY(-1.26)——RZ(0.864)—C—
2: —RX(0.135)——RY(0.545)———RZ(-1.31)———X—RX(2.58)——RY(-0.0172)——RZ(0.0458)— (Z)

Training QuGAN

ในการ Train QuGAN จะเป็นการ Update Parameter ใน Rotation gate ซึ่งเป็นการ ปรับองศาในการหมุนตามแกนต่าง ๆ นั้นเอง

Objective Function

$$\min_{\vec{\theta}_G} \max_{\vec{\theta}_D} \frac{1}{A} \sum_{\lambda=1}^A \Pr \left(\left(D(\vec{\theta}_D, |\lambda\rangle, R(|\lambda\rangle)) = |\text{real}\rangle \right) \cap \left(D(\vec{\theta}_D, |\lambda\rangle, G(\vec{\theta}_G, |\lambda, z\rangle)) = |\text{fake}\rangle \right) \right)$$

ใน Objective function ของ Classical GAN จะเป็น Log-likelihood function แต่ใน Quantum algorithm นี้จะใช้ Objective function เป็น Linear จาก Probability output

โดยใน Objective function คือการที่เราต้องการ tune parameter ของ Discriminator เพื่อ Maximize ให้ผลในการทำนายจาก Discriminator ที่รับ Input เป็น Real data ให้สามารถทำนายถูกต้องมากที่สุด และ tune parameter ของ Generator เพื่อ Minimize ให้ผลในการทำนายจาก Discriminator ที่รับ Input เป็น generated data ให้ Discriminator ทำนายผิดมากที่สุด

Quantum Gradient

ในการหา Gradient เราจะใช้ Technique ที่ชื่อว่า Quantum Natural Gradient

[Quantum Natural Gradient \(arxiv.org\)](https://arxiv.org/abs/1803.08029)

โดยในการหา Gradient ของ Discriminator-Generator จะใช้ Quantum Natural Gradient แต่ในกรณีของ Discriminator-Real จะหา Gradient ด้วยวิธี Classical เนื่องจาก Quantum Natural Gradient ไม่สามารถใช้กับ Cost function ของ Discriminator-Real ได้