Session 1: 양자이론 및 알고리즘 (좌장: 허준석, 성균관대)

(튜토리얼) 양자 정보 이론: 큐빗의 언어 이해하기
Quantum information theory: learning the language of qubits

권혁준 (Imperial College London)

양자 세계에서의 정보의 기본 단위인 큐빗(Qubit)은 고전적인 정보 단위인 비트(Bit)와는 전혀 다른 양자역학의 언어로 기술됩니다. 이번 튜토리얼에서는 양자 정보 이론에서 큐빗를 다루기 위해 사용하는 양자 논리 연산이 고전적 논리 연산과 어떤 면에서 근본적으로 다른지 살펴봅니다. 또한, 이러한 차이점이 어떠한 방식으로 양자 알고리즘이 가지는 속도 향상으로 이어지는지 설명합니다. 한편, 양자 기술의 현 수준과 양자 우위를 현실화하기 위해 극복해야 할 중요한 문제들이 무엇인지 알아봅니다.

(초청발표) 진폭 증폭 알고리즘과 변분 원리를 이용한 헤밀토니안의 바닥 상태 찾기
Variational quantum amplitude amplification eigensolver

백경현 (고등과학원 KIAS)

헤밀토니안의 바닥 상태를 찾는 것은 물리 시스템을 이해하는데 매우 중요하지만, 이를 대각화하여 바닥 상태를 찾는 것은 고전컴퓨터에서 행렬의 차원이 커질수록 기하급수적으로 어려워지는 것으로 알려져 있다. 따라서 헤밀토니안의 바닥 상태를 찾기 위해서 양자컴퓨터를 이용한 많은 연구들이 이루어져 왔고, 특히 최근들어 비교적 적은 큐비트와 얕은 서킷 깊이로 구현이 가능한 Variational Quantum Eigensolver가 많은 관심을 받고 있다.

우리는 헤밀토니안의 바닥 상태를 얻기 위해 양자 화학 분야에서 발전된 기존의 방법론들과 진폭 증폭(Amplitude amplification) 알고리즘 융합하여 바닥 상태를 찾는 새로운 방법론을 제시하였다. VQE는 고전 최적화 알고리즘을 사용하여 변수를 업데이트하는 반면에 이 방법론은 진폭 증폭 알고리즘을 이용하여 변수들을 업데이트하여 고전 최적화 과정에서 겪는 어려움들을 피해갈 수 있도록 고안되었다. 우리는 이를 하이젠버그 모델에 적용하여 수치적으로 이 방법론이 잘 동작한다는 것을 확인하였다.

(초청발표) 기하학적인 방법론을 활용한 양자 상관관계의 모노가미 특성
Genuine monogamy relations by a geometric approach

류정희 (한국과학기술정보연구원 KISTI)

양자 상관관계는 모노가미라는 특정한 관계를 만족한다. 이는 3중 이상 양자 시스템에서 양자 상관관계가 가지고 있는 trade-off 관계식이며, 이 발표에서는 그 중에서도 벨 부등식 위배의 모노가미 관계에 대해서 살펴보려고한다. 기존의 모노가미 관계식을 유도하는 방법과 달리 기하학적인 특성인 거리 개념을 모노가미 관계식 유도에 활용한 결과를 논의하려고 한다.

이 방법론은 간단하고, 직관적이며, 기존에 보고된 바가 없는 결과를 얻을 수 있었다. 다중 물리계에서의 모노가미 관계식에 대해서 살펴보고, 준 거리(quasi-distance)로 확장하여 다차원의 물리계의 모노가미 관계식 연구 결과에 대해서도 살펴 볼 것이다.

Session 2: 통신 & 포토닉스 (좌장: 김제형, UNIST)

(튜토리얼) 최신 양자암호통신 연구: 더 실용적이고 안전한 양자암호통신
Towards more practical and secure quantum secure communication

김용수 (한국과학기술연구원 KIST)

1984년 최초의 양자암호 프로토콜인 BB84 QKD (Quantum Key Distribution) 프로토콜이 제안된 이후, 양자암호통신 기술은 급격히 발전해왔다. 특히 최근에는 RFI-QKD, MDI-QKD, TF-QKD, 다자간 QKD 등 기존 양자키분배 프로토콜의 한계를 뛰어넘는 다양한 양자키분배 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 발표에서는 BB84 프로토콜을 넘어 보다 실용적이고 안전한 양자암호통신을 향한 최신 연구결과를 소개하고, 앞으로 나아갈 바를 살펴본다.

(초청발표) 실리콘 포토닉스 기반 2-큐빗 양자 회로
Two-Qubit Quantum Circuit based on Silicon Photonics

이종무 (한국전자통신연구원 ETRI)

Fermion 입자인 전자를 기반으로 하는 양자컴퓨터 기술이 괄목한 만한 성장을 보이고 있는 반면, Boson 입자인 광자를 기반으로 하는 양자컴퓨터는 큐빗의 생성이 쉽고 온도 및 전파 노이즈 등 회부 환경에 둔감한 장점을 갖고 있으면서도 양자컴퓨터의 구현에 어려움을 겪고 있다. 본 발표에서는 광자를 기반으로 하는 양자컴퓨터 기술에 대한 연구 현황을 간략히 소개하고 최근 ETRI에서 행해진 실리콘 포토닉스 기반 2-qubit 양자회로 연구 결과 및 향후 연구 방향을 소개하고자 한다.

(초청발표) 단발측정 및 학습을 통한 양자상태 정밀측정 방법
Quantum state learning via single-shot measurements

이상민 (한국표준과학연구원 KRISS)

양자상태를 측정하는 대표적인 방법들과 그 자원효율성 및 정확도에 대해 살펴보고, 최근에 국내연구진들과 공동연구개발되고 한국표준과학연구원에서 실험수행된 SSML 방법을 이용한 결과에 대해서 논의한다.

Session 3: 양자정보 기초강연 (좌장: 조영욱, 연세대)

(튜터리얼) 초보자를 위한 양자 정보학의 기초 원리
Introduction to Quantum Information Science

이진형 (한양대학교)

이 강연은 양자 정보학에 입문하는 초보 연구자를 위한 것이다. 양자 정보학, 특히 양자 이론은 일반적으로 이해하기 힘든 개념으로 가득 차있다. 이유는 어떤 점에서 당연하다. 한 개인이 일상에서 경험해 볼 수 없는 자연 현상에 기초하기 때문이다. 양자 이론을 이해하는 가장 좋은 방법은 아마도 직간접으로 경험을 쌓는 것일 테다. 이 강연은 양자정보학, 특히 양자 컴퓨팅이 왜, 언제 고전 컴퓨팅보다 더 빠를 수 있는지, 그 기초 원리에 대해 논의한다. 수식없이 개념, 특히 조작주의(operationalism)에 기초한 개념을 중심으로 양자 정보학의 기초 원리에 대해 논의한다. 입문하는 사람들이 조금이라도 이해하는데 도움이 되기를 희망한다.

Session 4: 센싱 & 색중심 (좌장: 임향택, KIST)

(튜토리얼) 다이아몬드 질소 공석(DNV) 기반 양자 센싱
Introduction to Quantum sensing with Diamond NV centers

오상원 (한국표준과학연구원 KRISS)

다이아몬드 질소 공석(nitrogen vacancy, NV) 은 원자 크기의 불순물로, 다양한 분야의 양자 센싱에 활용되는 대표적인 고체 스핀 시스템 중 하나이다. 상온에서도 상대적으로 긴 결맞음 시간(T2)과 나노미터 수준의 공간 분해능을 바탕으로, 핵자기 공명(NMR), 신경과학(neuroscience), 고체물리, 재료과학, 생물학 등의 연구에 활발히 활용 된다.
본 튜토리얼 세션에서는 NV생성 , NV 기반 측정(자기장, 온도) 및 이미징의 기본 원리와 측정 민감도를 개선하기 위해 진행되는 연구들에 대해 소개 한다. 뿐만 아니라, 한국표준과학연구원에서 진행되고 있는 NV관련 연구 내용에 관해 간략히 소개한다.

(초청발표) 원자간섭계 기반 고정밀 절대중력계
High-precision absolute gravimeter based on atom interferometry

이상범 (한국표준과학연구원 KRISS)

고정밀 절대중력 측정을 목표로 하는 원자중력계의 개요, 연구 진행 동향 및 현황을 소개하고 현재 한국표준과학연구원에서 개발중인 원자중력계의 연구 진행 현황을 또한 소개한다.

(초청발표) 스트레인을 이용한 실리콘 베이컨시 색중심 내 전자 스핀의 결맞음 시간 증대 연구
Enhanced electron spin coherence enabled by strain engineering

손영익 (KAIST)

다이아몬드 점결함 시스템 중 널리 연구되고 있는 SiV (실리콘베이컨시)는 우수한 특성에도 불구하고 전자의 결맞음 시간이 매우 짧은 약점을 갖고 있다. 이 연구에서는 주변 환경의 온도 변화 없이도, 나노기계소자를 이용한 스트레인 엔지니어링을 통해 결맞음 시간을 증대한 실험 결과를 소개한다.

Session 5: 양자컴퓨팅 & 시뮬레이션 (좌장: 김도헌, 서울대)

(튜토리얼) 프로그램 가능한 이온트랩 양자컴퓨터의 제작
Building a programmable trapped-ion quantum computer

김준기 (성균관대학교)

최근 양자정보 기술의 큰 화두는 프로그램 가능한 양자컴퓨터의 제작과 확장입니다. 양자컴퓨터는 고전적 컴퓨터로 풀기 어려운 몇몇 문제들을 양자역학의 중첩과 얽힘 원리를 이용하여 효율적으로 풀 수 있을 것으로 기대되는 새로운 컴퓨팅 방식입니다. 프로그램 가능한 양자컴퓨터는 큐비트들에 여러 개의 양자게이트로 구성된 프로그램된 양자회로를 적용하여 양자 알고리즘을 구현하는 양자컴퓨터로, 소인수 분해 알고리즘 (Shor), 검색 알고리즘 (Grover) 등의 알고리즘을 구동가능합니다.
본 강연에서는 프로그램 가능한 양자컴퓨터를 제작하기 위한 기본적인 요소들을 살펴보고, 포획된 이온을 활용한 양자컴퓨터의 제작 과정을 소개합니다. 포획된 이온은 긴 결맞음 시간과 높은 게이트 충실도, 큐비트간 높은 연결성 등으로 좋은 성능을 보여주고 있는 양자컴퓨팅 플랫폼입니다. 포획된 이온을 이용한 양자컴퓨터가 어떻게 작동하고 구성되는지 살펴본뒤, 향후 더 많은 큐비트의 양자컴퓨터를 제작하기 위한 연구 전망을 살펴봅니다.

(초청발표) 스피너 응집체에서 방출되는 스핀 상관 물질파
Emission of spin-correlated matter-wave jets from spinor Bose-Einstein condensates

최재윤 (KAIST)

스피너 보즈 아인슈타인 응집체는 스핀 자유도를 갖는 보즈-아인슈타인 응집체로, 스핀-1의 경우 미세 스핀들간의 충돌로 인한 스핀 믹싱이 가능하다 (예: 스핀1+ 스핀-1 <-> 스핀0+스핀0). 이러한 충돌과정은 비선형 광학 시스템에서 많이 연구된 SPDC 과정과 동일한 해밀토니안으로 기술이 되며, 이로서 two-mode squeezed 상태와 같이 비 고전적 양자 상태를 스피너 보즈-아인슈타인 응집체로 부터 생성할 수 있음이 최근 연구되었다. 그러나 낮은 충돌률로 인해 생성된 양자 얽힘 스핀쌍 (스핀1,-1)은 초기 BEC 위치에 국한될수 밖에 없으며, 비 고전적 양자 상태에 대한 국소적인 조작이 어려운 한계가 있다. 본 발표에서는 강한 스핀 상호작용을 갖는 리튬-7 스피너 응집체 생성을 보고하고 [1] 이를 이용하여 높은 운동량을 갖는 원자들에 대한 집단적 충돌과 이로인한 스핀-운동량 상관된 물질파 발생에 대해 소개하고자 한다 [2]. 본 연구는 향후 거대 Einstein-Podolsky-Rosen 양자 얽힘 상태를 생성하는데 활용 가능하다.
[1] S. Huh et al., Physical Review Research 2, 033471 (2020).
[2] https://arxiv.org/abs/2102.07613
[3] H. Pu and P. Meystre, Physical Review Letters 85, 3987 (2000).

(초청발표) 3차원 다중모드 회로 양자전기동역학
3D multimode circuit QED

권혁신 (삼성전자 종합기술원)

최근 급성장하고 있는 초전도 양자컴퓨팅 연구분야에서 기존 transmon 큐빗의 상대적으로 짧은 결맞음 시간과 큐빗 수 확장의 한계를 극복하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 이번 발표에서는 transmon을 이용, 강한 상호작용으로 초전도 마이크로웨이브 cavity를 제어하여 짧은 결맞음 시간을 보완하고 더 나아가 한 개 transmon의 비선형성을 이용, 여러 cavity 모드의 universal control을 구현하여 기존 한계를 극복하고자 하는 연구 방향에 대해 논의하고자 한다. 또한 이와 연관하여 삼성전자에서 진행되고 있는 양자컴퓨팅 연구 진행 상황에 대해 간략히 소개한다.