[특별세션] Gravitational Wave Detection Technology

[구 GWDT-01] Ground based interferometric gravitational wave detector and its technologies

June Gyu Park (박준규), Chang-Hee Kim (김창희), Sungho Lee (이성호), Yunjong Kim (김윤종), Hyeon Cheol Seong (성현철), Ueejeong Jeong (정의정), Soonkyu Je (제순규),

Korea Astronomy and Space Science Institute (한국천문연구원).

현재 중력파 관측은 레이저 간섭계 기반의 중력파 검출기를 통해 이루어지고 있고 검출기 성능이 개선되고 안정화 되어 초기 설계 사양 이상의 관측감도를 확보하였다. 이제 레이저 간섭계 기반의 중력파 관측 기술은 중력파 관측 가능성의 유무를 넘어 차세대 중력파 검출기의 건설을 앞당기는 수준이 되었으며 해외에서는 중력파 검출 기술을 선도하기 위한 공격적인 투자가 이루어 지고 있다. 이발표에서는 현재 운영중인 레이저 간섭계 기반의 중력파 검출기의 중력파 검출 원리와 실제 중력파 검출기에서 사용되는 관련 핵심 기술들을 소개하고자 한다. 단순히 특정분야의 일부 기술이 아닌 중력파 검출기 건설에 사용된 재료, 광학, 기계공학, 전자, 통신 등 다양한 분야의 기술을 소개하고 실제 중력파 검출기 관련 연구에 참여할 수 있는 연구 주제를 소개하고자 한다.

[구 GWDT-02] Development and International Collaborations on Quantum Noise Reduction Technology for Gravitational Wave Detectors (중력파 검출기 양자잡음 저감기술 개발 및 국제협력)

Sungho Lee (이성호)¹, Chang-Hee Kim (김창희)¹, June Gyu Park (박준규)¹, Yunjong Kim (김윤종)¹, Hyeon Cheol Seong (성현철)¹, Ueejeong Jeong (정의정)¹, Soonkyu Je (제순규)¹, Young-Sik Ra (라영식)², Geunhee Gwak (곽근희)², Youngdo Yoon (윤영도)², Byeong Yoon Go (고병윤)², Hyunjin Kim (김현진)², Chan Roh (노찬)²

¹Korea Astronomy and Space Science Institute (한국천문연구원), ²Korea Advanced Institute of Science and Technology (한국과학기술원)

중력파 관측은 2015년에 사상 최초로 검출에 성공한 이래, 불과 5년 만에 주 1 회 이상 안정적으로 검출되고 있으며 검출기들의 성능이 계속 향상됨에 따라 관측 범위와 빈도가 급격히 확대되는 추세에 있다. 이제 중력파는 전자기파 외에 우주를 보는 새로운 창으로서 확고한 지위를 구축하고 있으며 향후 무궁무진한 발전의 잠재력을 보여주고 있다. 이러한 가능성을 일찌감치 내다본 미국과 유럽의 선도 국가들은 현재 운영 중인 LIGO와 Virgo 검출기의

지속적인 업그레이드는 물론 Cosmic Explorer, Einstein Telescope 등 차세대 거대 검출기 개발을 병행해서 진행하고 있으며, 일본, 인도, 중국, 호주 등 후발주자들도 제각기 다양한 중력파 검출기 계획들을 추진하고 있다. 이에한국천문연구원에서도 2019년부터 중력파 검출기술 연구를 시작하였으며, 특히 한국과학기술원 물리학과와 협력하여 차세대 핵심기술인 양자잡음 저감기술을 중점적으로개발하고 있다. 이 발표에서는 본 연구팀의 최근 연구 진행상황을 요약하고 국제 중력파 검출기 공동개발 참여 현황을 소개한다.

[구 GWDT-03] Development of 1064 nm squeezer for quantum non-demolition measurement in gravitational wave detector

June Gyu Park (박준규), Chang-Hee Kim (김창희), Sungho Lee (이성호), Yunjong Kim (김윤종), Hyeon Cheol Seong (성현철), Ueejeong Jeong (정의정), Soonkyu Je (제순규)

Korea Astronomy and Space Science Institute (한국천문연구원)

Squeezed vacuum injection을 이용한 중력파 검출기의 관측감도 향상 기술은 중력파 검출기 광신호의 양자 잡음을 제어하여 관측감도를 높이는 기술로 이론적으로는 10dB에 가까운 신호 대 잡음비 향상을 달성할 수 있다. 실험실 환경에서는 이미 10dB 이상의 신호 대 잡음비 향상을 달성했으며 실제 중력파 검출기에서는 GEO600의 6 dB의 신호 대 잡음비 향상이 현재까지 가장 높은 수준이다. 한국천문연구원에서는 2019년부터 차세대 중력파 검출기 기술개발로 1064 nm 파장의 squeezer 개발을 추진했으며 현재 parametric down conversion을 이용해 squeezed vacuum을 생성하는 공진기를 제작하여 시험하는 단계에 있다. 이 발표에서는 한국천문연구원의 1064 nm squeezer 개발 연구와 개발 현황에 대해 소개하고자한다.

[구 GWDT-04] Squeezed light generation at 1550nm (1550nm 파장의 압축광 개발)

Geunhee Gwak (곽근희)¹, Youngdo Yoon (윤영도)¹, Byeong Yoon Go (고병윤)¹, Chang-Hee Kim (김창희)¹, Sungho Lee (이성호)², June Gyu Park (박준규)², Soonkyu Je (제순규)², Ueejeong Jeong (정의정)², Yunjong Kim (김윤종)², Hyeon Cheol Seong (성현철)², Young-Sik Ra (라영식)¹

¹Korea Advanced Institute of Science and Technology (한국과학기술원),

²Korea Astronomy and Space Science Institute (한국천문연구원)

차세대 중력파 검출기들이 1.5 µm 이상의 장파장에서 의 양자광원을 필요로 함에 따라, 이에 대한 기술 개발의 중요성이 대두되고 있다. 차세대 검출기들은 기존의 검출기에 사용되는 test mass를 fused silica에서 silicon으로 변경하면서 열팽창 현상으로 인해 생기는 정밀도의 한계를 뛰어넘으려한다. 하지만 1064 nm 파장의 경우 silicon

에서 흡수율이 매우 높으므로 사용할 수 없기에, 흡수율이 상대적으로 낮은 $1.5~\mu m$ 이상의 영역의 양자광원이 필요하다.

본 발표에서는 1550 nm 파장에서 압축광 개발에 필요한 기술들을 소개하고, 현재까지 진행된 실험 및 실험결과들을 보고하고자 한다. 압축광의 pump빔을 만드는 SHG, 압축광이 생성되는 OPO, 생성된 압축광의 quadrature를 측정하기 위한 호모다인 측정기, 빛의 분광 잡음을 줄이고, 원하는 spatial mode로 여과시켜주는 mode cleaning cavity에 대한 내용을 설명한다.

[구 GWDT-05] Mode-mismatch-robust squeezed light from a self-imaging optical parametric oscillator

Chan Roh (노찬), Geunhee Gwak (곽근희), and Young-Sik Ra (라영식) Korea Advanced Institute of Science and Technology (한국과학기술원)

Squeezed light는 중력파 검출기의 양자 잡음을 줄여 측정의 민감도를 향상시키기 위해 사용하는 양자 광원이 다. Squeezed light는 광학적 손실에 민감하기 때문에 중 력파를 측정하기 위해서는 정밀한 mode matching이 필 요하다. 하지만 mode mismatching은 실제 실험 상황에 서 동적으로, 그리고 무작위로 나타나므로 정밀하게 조정 하기 어렵다. Mode mismatching에 견고한 squeezed light를 만들기 위해서는 multimode squeezed light가 필요하다. Multimode squeezed light를 만드는 방법으로 는 self-imaging cavity를 이용하여 생성하는 방법이 대 표적으로 알려져 있다. 이 발표에서는 self-imaging cavity 기반으로 만든 optical parametric oscillator (OPO) 에서 생성된 squeezed light가 기존 OPO로 생성 squeezed light 보다 여러 spatial mode mismatching (위치, 방향, 크기 빗맞음)에 대해 견고함을 소개한다.

[특별세션] Life in Cosmos Exploration

Min-Su Shin (M.-S. Shin), Sun-Ju Chung (S.-J. Chung), and LiCE team *KASI*

We present the current focus issues on biosignature and life in the Solar System and exoplanters considering the possible research items at KASI in collaboration with other fields and institutes. We also suggest possible KASI research projects that can be conducted in the next decade.

[구 LiCE-02] Review on the Recent Studies about the Habitability (생명체 거주가능성에 관한 연구 동향)

Sungwook E. Hong (홍성욱) Hyunwoo Kang (강현우), Ryun Young Kwon (권륜영) and LICE team Korea Astronomy and Space Science Institute (한국천문연구원)

생명체의 거주가능성(habitability)이란, 천체의 물리적인 성질 및 환경에 따라 얼마나 다양한 수준의 생명체가생겨날 수 있는가를 보는 것이다. 거주가능성은 주로 액체상태의 물이 고등한 형태의 생명체의 생존에 필수라고 가정하고, 물이 액체 상태에서 안정적으로 존재할 수 있는 항성계의 환경에 관해 연구하게 된다. 본 발표에서는 거주가능성에 관한 해외의 주요 연구 사례에 관해 알아보고,한국에서는 어떠한 종류의 연구가 가능할지에 관해 논의해 본다. 마지막으로 한국천문연구원의 [우주생명현상탐색] 기획과제에서 제시된 거주가능성 관련 연구 제안을 간략하게 소개한다.

[구 LiCE-03] Current status and Prospect of the Radio SETI

Minsun Kim, Sungwook E. Hong, Taehyun Jung, Hyunwoo Kang, Min-Su Shin, Bong Won Sohn and LiCE team KASI

Searching for technosignatures the fundamental tool for finding the evidence of the extraterrestrial life in the Universe along with searching for biosignatures. We summarize the current status of the radio SETI(Search for Extraterrestrial Intelligence) such Breakthrough Listen project and suggest a concept of the VLBI SETI with KVN(Korean VLBI Network). In addition, we introduce conceptual studies of the SETI on the surface of Moon's farside and in lunar orbit.

[구 LiCE-04] Discovery and in-depth research on Interstellar Objects

Thiem Hoang *KASI*

Interstellar objects (ISOs) provide essential information on the physical and chemical properties of the environment when extrasolar systems are formed. Since 2017, two interstellar objects, 1I/2017 ('Oumuamua) and C/2019 Borisov, have been observed passing our solar system. The first interstellar object, named 1I/2017 ('Oumuamua), exhibits several peculiar properties that cannot be explained based on our knowledge of solar system objects, including extreme