

한국천문연구원 천문우주기술센터

천문우주기술맵

ASTRONOMY & SPACE TECHNOLOGY MAP

목차

I. 한국천문연구원	6
II. 천문우주기술센터	10
III. 기술설명서	20
1. 원격 관측기	20
2. 분광 관측기	30
3. 중력파 검출기	38
4. 광학시스템	52
5. 적응광학	70
6. 임베디드 시스템	80
7. 데이터 시스템/데이터 센터	88
약어 목록	98
IV. 찾아보기	102

한국천문연구원



설립 목적

천문우주과학의 연구개발을 종합적으로 수행하고 그 성과를 확산하여
천문우주과학의 국가적 발전을 달성(한국천문연구원 정관 제 1 조)

의무

1. 천문학과 우주과학에 대한 연구 및 사업
2. 대형관측시설의 운영 및 기기개발
3. 우주환경감시기술개발사업 수행
4. 역 및 표준시의 관리 등 국가 천문업무의 수행
5. 대 국민 천문지식 및 정보 보급사업
6. 정부, 민간, 법인, 단체 등과 연구 개발 협력 및 기술용역 수탁 · 위탁
7. 주요 임무 분야의 전문인력 양성 및 관련 과학기술정책 수립 지원

발전전략

성과창출

- 대형 R&D 사업 수행
- 국가사회적 현안해결을 위한 연구 강화
- 국제 선도연구그룹 육성
- 천문우주 핵심기술 그룹 육성

고객만족

- 고객 중심의 서비스 제공

역량강화

- 선진 지적경영시스템(KMS) 강화
- 전략적 인적자원관리(SHRM) 시스템 강화

전략경영

- 연구협력 강화
- 미래창조적 정책네트워크 강화

비전 및 목표

「우리는 우주에 대한 근원적 의문에 과학으로 답한다.」

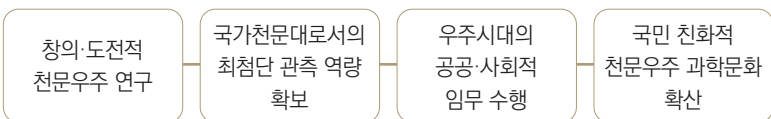
비전

세계 최고 수준의 국가천문우주 연구기관
World's Best National Astronomy & Space Science Research Institute

경영목표

1. **Global KASI** - 세계 선도 연구기관 글로벌 연구경쟁력 강화
2. **New KASI** - 미래 창의 연구 발굴 소통형 융합 혁신
3. **Responsible KASI** - 공공기관 책무성 강화 자율·책임·윤리 경영
4. **Interactive KASI** - 국민참여형 과학문화 성과 확산

역할과 책임 (R&R)



조직도



천문우주기술센터



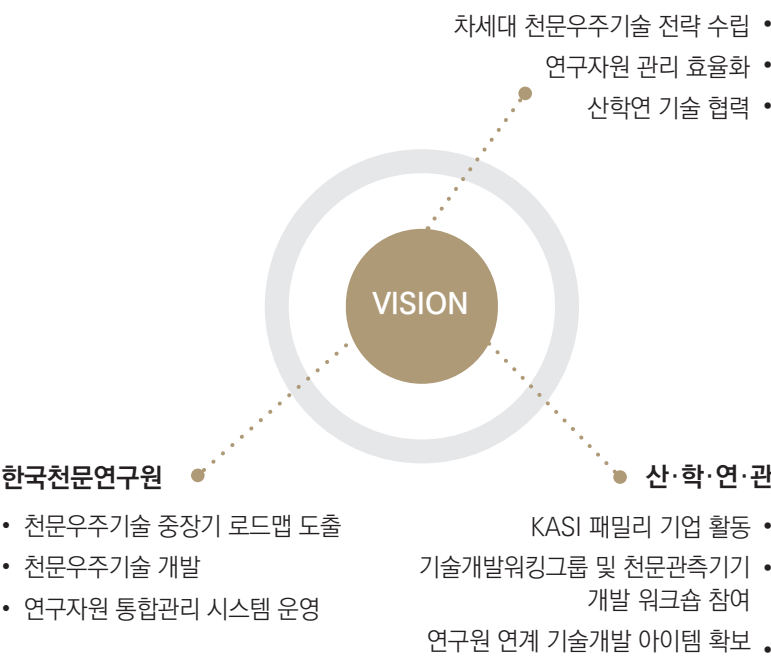
설립 목적

천문우주 기술개발을 위해 도전적이며 생산적인 목표를 수립하고
실행하여 국가와 천문우주 연구에 기여

목표

혁신적 목표	기존에 시도된 바 없는 전략적 기술개발 로드맵 수립, 스마트랩 구축 등 혁신적 목표 수립
창의적 목표	아이디어 중심의 창의·도전적 R&D로 질적 성과 중심의 목표 수립
생산적 목표	기술 개발과 기술 사업화가 연계되도록 산학연 융합 R&D 추진

비전



산학연 기술협력

천문·우주 관련 기술 네트워크 활성화를 통해 Open-innovation을 구현하
고 중소기업과의 연구장비 공동활용 확대를 통해 중소기업의 경쟁력 강화
를 지원한다. 구축된 산학연 네트워크를 통해 천문연구원의 노하우와 특허
기술의 증대 및 기술사업화 확대를 도모한다.

목표

- 천문우주 분야 산학연 기술협력 네트워크 구축을 통한
국내 기술 공동발전 도모
- KASI 테크노닥터 운영을 통한 중소기업 기술자문 및 애로기술 해결
- 연구원 보유 연구장비의 대외 개방 및 중소기업과의 공동활용 지원
- 연구원 IP 확보 및 기술이전 지원
- 과기부, 연구회, 대덕특구진흥재단 등 외부기관 협력 및 대응

기술이전 현황

기술명	책임자
곡면 연마가 가능한 대형 미래 연마장치	한정열
SiC 소재의 TIF 획득 및 분석 기술	한정열
초고속 샘플러 기술	강용우
인터라인 CCD센서를 이용한 머신 비전 시스템	강용우
검안기 및 검안기의 영상처리방법	최성환
일정한 최적 속도를 갖는 하드디스크 기록 제어 방법	송민규
빔 제어 가능한 소형 패치 안테나 시스템 제작 기술	강용우
X-band 디지털 빔 포밍 배열 안테나 시스템 제작 기술	강용우
천체망원경 제어해석 기술을 적용한 진동 저감형 소형크레인 제어시스템 기술	강용우
실 데이터 기반 대기외란 모델링 생성 및 광파면 복원 시뮬레이션 기술	최성환

Telescope

망원경 신소재

망원경은 점차 대형화가 되는 추세이고 탑재체에 적용하기 위해서는 경량 이면서도 단단한 망원경 신소재개발이 필수요건임

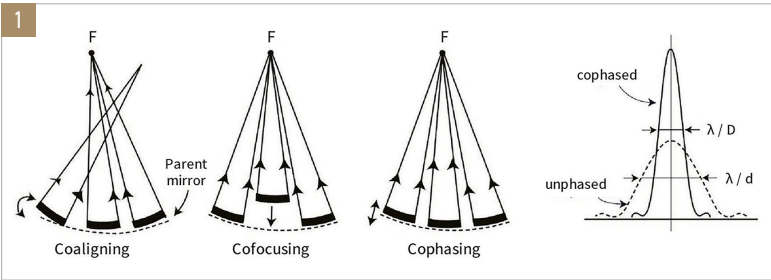
- SiC 소재의 파면오차 30 nm 이내의 조각거울 반사경 연마기술 개발
- 반사경 측정 기술 계획 수립
- SiC 주반사경의 경량화패턴 설계 및 최적화
- 반사경의 가장자리 광학 성능을 높이기 위한 보상연마기술 개념 연구

조각거울 동일위상 기술

반사광학면으로 사용되는 광학면 개발 기술로 여러 개의 조각거울 모듈을 이용하여 사용목적에 따라 자유자재로 크기 확대 및 변경이 가능하여 이동 성이 매우 탁월한 망원경을 제작할 수 있는 기술

- 각 조각거울의 상호 간의 위상(Phase)을 동일하게 일치시키며 구형 여부를 확인할 수 있는 동일위상 센서 개발
- 조각거울의 중량이 가벼우면서도 강성이 높은 우수한 소재의 조각거울 소재 제작
- 다각형 형상의 조각거울의 가장자리를 효과적으로 연마하기 위한 연마 기술 연구
- 동일위상 구형 속도에 따라 조각거울 구동하고 제어할 수 있는 동일위상 구동부 제어 기술 개발

1. 동일위상 기술개념도



Astro Imaging

영상카메라 플랫폼

지상 망원경과 우주 망원경 미션에 공통으로 필요한 하드웨어/소프트웨어 기술로 포인팅 시스템, 관측 시스템, 영상 안정화 시스템에 적용되는 기술을 플랫폼으로 구축

- 우주용 온보드 컴퓨터 하드웨어 플랫폼 개발
- 카메라 하드웨어 플랫폼 개발
- 포인팅 시스템 라이브러리 구축
- 하이브리드형 적응광학 라이브러리 구축
- 이미징 라이브러리 구축

2. 영상카메라 플랫폼 아키텍처

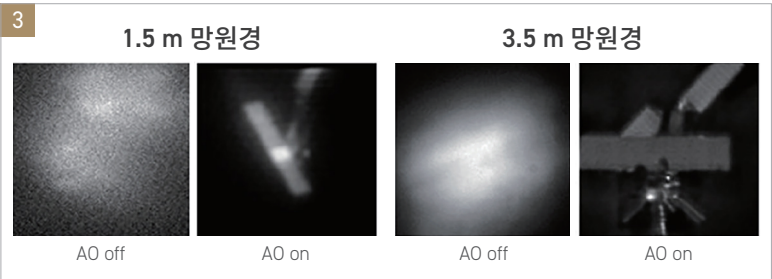
2 Ground / Space Mission		
Telescope Software Framework		
Pointing System Library	Hybrid AO Library	Imaging Library
Onboard Computer Platform		Camera Platform
Pointing System	Image Stablize (aO, AO, FSM 등)	Science Instrument

적응광학

밤하늘의 별과 낮 시간에 태양을 관측하는 모든 관측기기는 대기외란의 영향을 받는데 대기외란을 측정하는 시상 측정기술과 이미지 광원을 이용한 광파면 분석을 통해 초고속으로 대기의 왜곡을 보상하는 시스템

- 시상 측정 기술
- 초고속 광파면 분석 처리 기술
- 초고속 제어 시스템

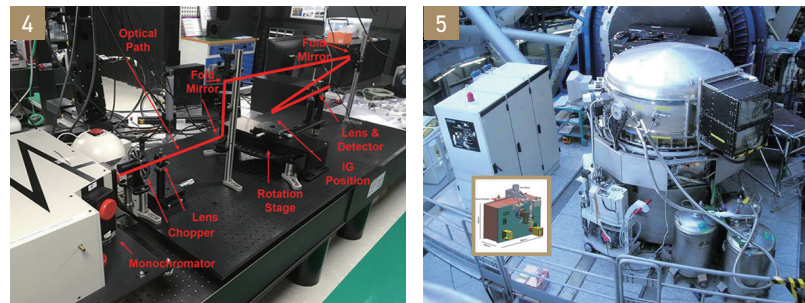
3. 적응광학(Adaptive Optics) 기술 적용 전(왼쪽), 적용 후(오른쪽)



고분산 분광기술

기존 분광격자와 달리 광학소재 내부에서 회절하는 담금격자(Immersion Grating)를 활용하여 동일 성능의 기존 분광기 대비 1/10 수준 소형화가 가능한 적외선 분광기 기술

- 담금격자 성능측정 기술 개발
- 분광기 광학계 및 광기계 마운트 기술 개발
- 적외선 극저온 냉각시스템 기술 개발



4. 담금격자 분광효율 측정기기

5. 담금격자 분광기 (IGRINS)와 유사 성능의 일반 분광기(CRIRES) 크기 비교 사례

전파 수신기

Rapid Response Science (RRS) 마이크로웨이브와 같이 수많은 블랙홀의 주요 기작을 검출하기 위하여 전파 신호를 빠르게 이미지화할 수 있는 다중전파 처리 및 전송시스템

- 상용 ADC 활용 광대역 보드 개발
- 망원경이 받아들이는 광대역 신호를 한꺼번에 4 GHz이상 디지털로 변환
- 10 G 이상에서 실시간으로 무손실 전송 및 저장 기능
- FPGA, GPU 활용한 상관처리 기술 및 A.I 기반 Image 처리 기술

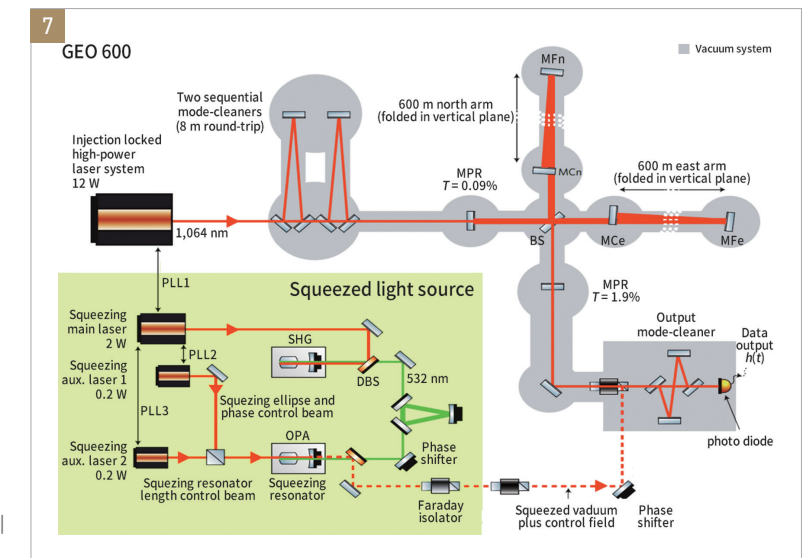


6. 전파망원경 신호를 변환, 전송, 처리하는 전파 신경망 구축

중력파 검출기술

차세대 중력파 검출기의 핵심 기술로 고전적인 광학, 기계, 전자적 잡음의 한계를 넘어 검출 감도를 극대화하는 레이저 간섭계 양자잡음 저감 기술 개발

- 양자조임상태 레이저 광원 기술
- 주파수 의존 양자조임 기술
- 광학공동기 개발 및 정밀제어 기술
- 양자조임상태 측정 평가 기술



7. 양자조임상태 레이저 광원을 적용한 중력파 검출기 개념도 예시 (GEO 600)

소프트웨어 엔지니어링

천문우주 관측기기 개발과 위성 관측기기 개발에 필요한 소프트웨어 엔지니어링 기술. 소프트웨어가 운영될 전체 시스템에 대한 이해와 소프트웨어의 설계, 개발, 검증, 운용, 유지 보수 등에 대한 통찰력을 가지고 소프트웨어의 전 생명주기에 대해 체계적으로 관리

임베디드 소프트웨어

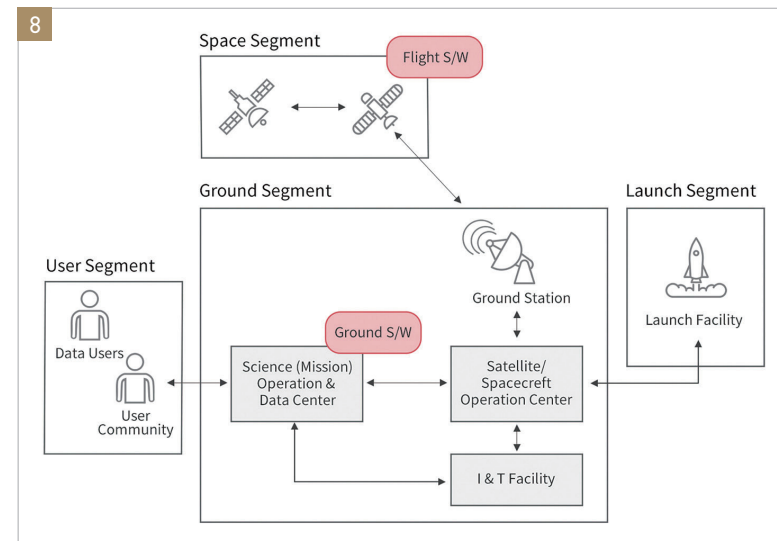
지상 및 위성 기반 관측 시스템의 기기나 장치를 제어하는 소프트웨어 기술

- 망원경 및 관측소 시스템 제어 소프트웨어
- 비행 소프트웨어

비행 소프트웨어와 지상 소프트웨어

우주 미션용 비행 소프트웨어와 지상국에서 위성으로 명령어와 텔레메트리를 주고받는 지상 소프트웨어를 개발하는 기술

- 모듈형 비행소프트웨어 및 지상 시험 지원 시스템 개발
- Mission Operation S/W 및 텔레메트리 분석 S/W 등 지상 소프트웨어 개발
- 비행 소프트웨어

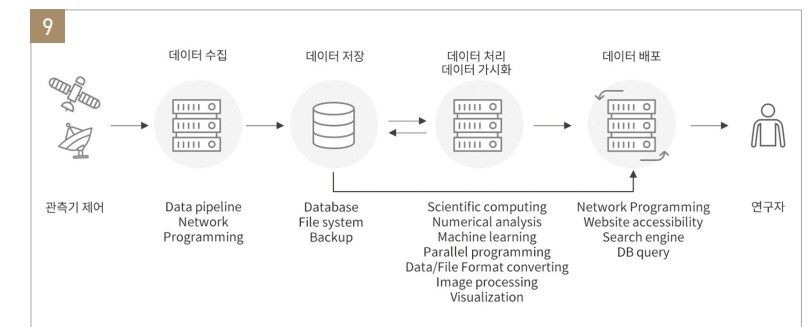


8. Space Mission Segments

데이터 파이프라인

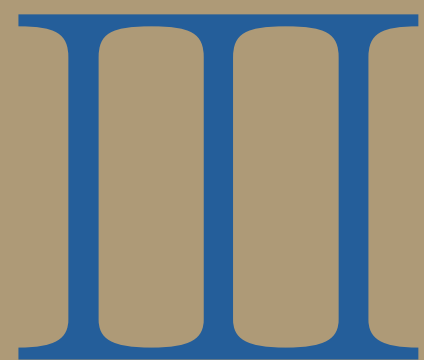
과학 데이터 센터 구축 및 운영에 필요한 빅데이터 파이프라인 기술로 관측 시스템에서 생산되는 데이터의 수집/저장/처리/배포 등의 전 과정을 관리하는 소프트웨어 기술

- 전체 시스템의 설계 및 구축
- 네트워크 및 파일 관리 기술을 이용한 데이터 파이프라인 설계 및 개발
- 수치해석, 과학계산, 머신러닝, 병렬컴퓨팅, 이미지 처리, 인공지능 및 빅데이터 기술을 활용한 데이터 처리 및 분석 소프트웨어 개발



9. Data Pipeline flowchart

기술설명서



1

원격 관측기

Remote sensing
Instrument

개요 및 중요성

원격 관측은 현장 측정(In-Situ Measurement)과 달리 관측 대상과 물리적 접촉을 하지 않고 물체 또는 현상에 대한 정보를 획득하는 기술이다. 원격 관측을 위한 기기(instrument)는 센서, 전자 소자 등 전자파에 민감한 구성 요소가 포함된다. 관측 대상은 입자(전하, 중성, 먼지), 직류(DC) 및 교류(AC) 모두의 전자기장, 음향 에너지, 지진 에너지, 또는 과학이 요구하는 모든 물리적 현상을 포함한다.

세부기술분야

- 1.1. 영상 카메라 플랫폼
- 1.2. 픽셀분리형 편광카메라
- 1.3. 적외선 영상 센서
- 1.4. 극자외선 영상 센서

1.1. 영상 카메라 플랫폼

기술 개요

검출기(detector), 신호처리기, 인터페이스 등으로 구성된 영상카메라는 높은 양자 효율(QE)과 대형 배열 기술을 요구하며, 저잡음, 고해상도, 균일하고 안정적인 응답, 저전력 및 비용, 그리고 높은 신뢰성 등을 필요로 한다. 최근에는 신호처리를 위한 FPGA, 고속 인터페이스 등 영상 카메라에서 공통적으로 필요로 하는 기술이 일반화되고 고성능화되면서 표준화가 많이 이루어지고 있다.

영상 카메라 플랫폼 기술은 영상 카메라를 구현하기 위해 공통적으로 필요한 영상 신호 처리와 고속 인터페이스를 플랫폼화하여 새로운 영상 센서를 쉽게 적용할 수 있도록 하는 기술이다. 이는 새로운 우주미션을 수행할 때 빠른 일정에 신뢰도 높은 우주용 영상 카메라를 개발할 수 있도록 하는 기술로 NASA 또는 ESA에서도 주요 기술로 분류하여 관리하고 있다.

기술관련 주요 이미지



1. 한국천문연구원에서 개발하고 CODEX에서 사용한 영상 카메라 플랫폼

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
영상 카메라 플랫폼	보유	개발연구
고속 인터페이스	개발중	응용연구

기술의 활용성

- 다양한 CCD/CMOS 센서 적용이 가능하여 영상 카메라를 필요로 하는 모든 우주 산업에 활용 가능
- 높은 고도의 항공 촬영을 필요로 하는 국방 또는 무인항공기 분야에 활용
- 다채널 지원이 가능한 영상 카메라 플랫폼으로 공장자동화에 활용

기술 담당자

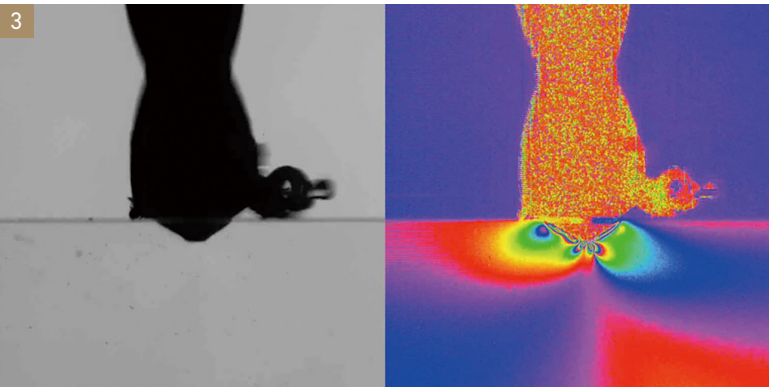
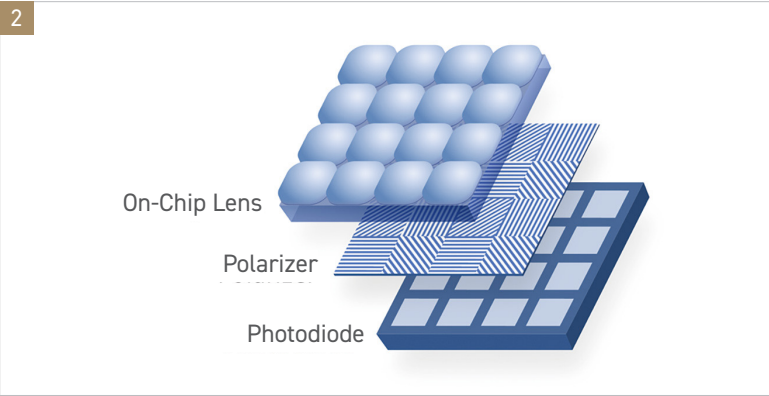
천문우주기술센터 | 최성환 | shchoi@kasi.re.kr

1.2. 픽셀분리형 편광카메라

기술 개요

픽셀분리형 편광카메라는 CCD 또는 CMOS 영상 센서의 픽셀에 여러 각도의 편광 그리드를 형성하여 4개의 각기 다른 편광 성분을 동시에 측정할 수 있는 영상 카메라이다. 동일 공간에 대해 각 방향성 편광의 강도를 기반으로 방향 및 편광 정도(DoP)를 계산할 수 있고, 후속 신호 처리와 함께 실시간으로 편광 정보를 캡처할 수 있다. 전통적으로 편광 관측을 위해서는 전면에 편광필터를 회전시키거나, 센서 영역을 구분하여 편광 필터를 배치하여 촬영하는 방법과는 다르게 동일 공간에 대한 편광 성분을 빠르게 측정할 수 있는 매우 획기적인 기술이다.

기술관련 주요 이미지



2. 픽셀분리형 편광 카메라 원리
3. 흑백영상(왼쪽)과 편광영상(오른쪽)

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
편광 그리드	개발중	기초연구
센서 패키징 기술	미보유	응용연구
영상 카메라 기술	보유	개발연구
편광 데이터 처리 기술	보유	개발연구

기술의 활용성

- 적외선으로 검출되지 않은 인공구조물과 자연구조물 구분이 가능하고, 동일한 구조물에서도 빛의 방향에 따라 다른 정보를 얻을 수 있어 지뢰검출, 차량, 항공기 검출, 업폐 구조물 분류 등 국방 분야에 다양하게 활용 가능
- 미세한 오염 또는 불량 검출이 필요한 반도체 공정 또는 공장자동화에 활용 가능
- 결함 구간을 빠르고 정밀하게 검출해야 하는 항공기, 선박 정비 분야에 활용 가능
- 자율 주행 시 가시광과 적외선 정보로 얻을 수 없는 정보를 제공할 수 있기 때문에 자동차와 무인항공기 분야에 활용 가능

기술 담당자

천문우주기술센터 | 최성환 | shchoi@kasi.re.kr

1.3. 적외선 영상 센서

기술 개요

적외선은 가시광의 붉은색 빛보다 파장이 긴 대역으로 적외선을 이용하면 행성이나 원시행성의 원반같이 온도가 매우 낮아서 가시광선을 거의 내지 않는 천체들을 관측할 수 있다. 일반적으로 적외선 영상장비는 외부의 조명장치가 없어도 자체 온도에서 방출되는 복사에너지를 감지할 수 있어서 산업 및 군사 목적으로 중요하게 사용되고 있다. 산업용 적외선 영상 장비는 사용 목적에 따라 NIR (0.75~1.4 μm), SWIR (1.4~3 μm), MWIR (3~8 μm), LWIR (8~15 μm), FIR (15~1000 μm) 밴드로 구분한다.

적외선 검출기는 광자(photon)의 수를 세는 원리로 작동하므로 적외선 관측 기기의 광학장치는 가시광선을 관측하는 관측기기의 광학계와 유사하다. 그러나 적외선은 가시광선보다 광자의 에너지가 작기 때문에 적외선 관측기기를 제작하기 위해서는 특수한 적외선 검출기를 사용해야 한다. 양자형 적외선 검출기를 이용한 적외선 이미지 센서는 고감도이고 고속이지만, 암전류를 줄이기 위해 냉동기를 이용하여 저온 동작시킬 필요가 있다. 비냉각 적외선 영상 센서는 열형 적외선 검출기를 사용해서 장파장 적외선 영역의 적외선을 검출한다. 열형 적외선 검출기는 실온에서 작동하기 때문에 비냉각 적외선 이미지 센서는 민수 분야에서의 응용 분야 확대가 기대되고 있다.

기술관련 주요 이미지



4. NASA COBE 위성의
전천 적외선 영상(All-Sky
IR Map)

5. 소백산천문대 근적외선
카메라 KASINICS에
장착된 InSB 적외선 센서

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
IR 센서 기술	미보유	기초연구
쿨링 기술	개발중	기초연구
신호처리 기술	개발중	기초연구

기술의 활용성

국방, 보안, 산업시설, 발전소, 의료, 자동차, 무인항공기 등

기술 담당자

천문우주기술센터 | 박종엽 | parkjy@kasi.re.kr

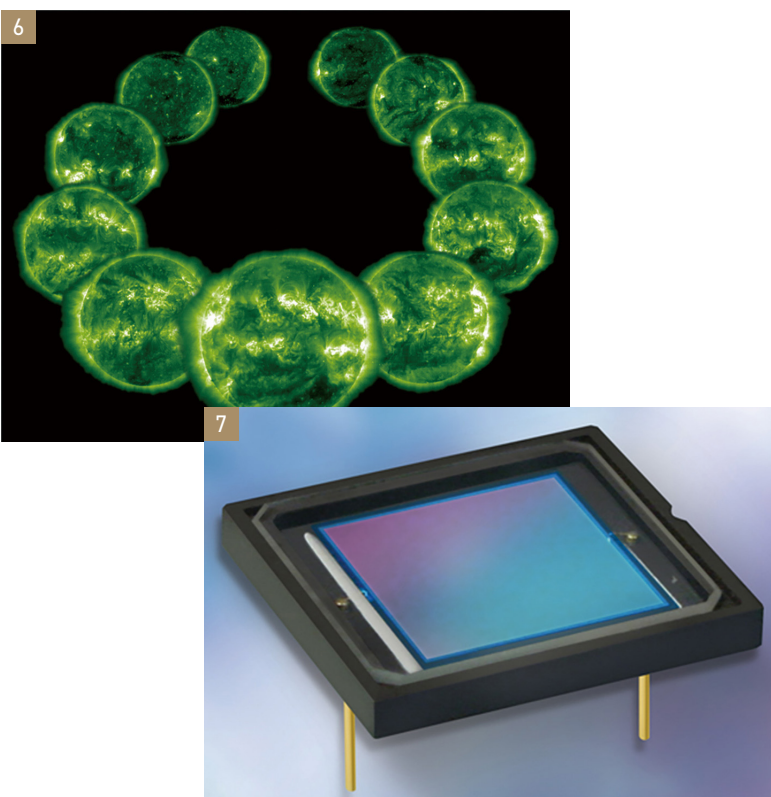
1.4. 극자외선 영상 센서

기술 개요

자외선은 지구대기에 의해 흡수되기 때문에 자외선 관측은 주로 지구 대기층이 얇은 높은 고도나 우주에서 수행한다. 뜨겁고 파란 별로부터 나오는 열복사와 방출선들을 연구하는 데 활용되어 왔으며, 행성상 성운, 초신성잔해, 활동 은하핵 등을 연구하는 데도 활용된다. 특히 태양활동 연구에도 활용되고 있다.

반도체 회로를 그릴 때 아주 짧은 EUV 파장으로 그릴 때 매우 세밀한 회로를 그릴 수 있는 장점이 있다. 마스크라는 곳에 회로를 그려두고 빛을 투과시켜 웨이퍼에 그림을 그리는데 빛이 투과할 때 아주 좁은 구멍을 지날수록 빛이 더 많이 퍼지는 문제가 있다. 파장이 길수록 더 많이 퍼지게 되고, 파장이 짧을수록 덜 퍼지게 된다. 자외선 센서 기술은 EUV 노광 장비를 개발하기 위한 여러 핵심 기술 중 하나이기도 하다.

기술관련 주요 이미지



6. 태양 EUV 관측 영상
7. UV/EUV 영상 센서

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
EUV 광학 설계 기술	개발중	기초연구
EUV 센서 기술	미보유	기초연구
EUV 코팅 기술	미보유	기초연구

기술의 활용성

반도체, 정밀 측정 분야

기술 담당자

천문우주기술센터 | 박종엽 | parkjy@kasi.re.kr

2

분광 관측기

Spectrograph

개요 및 중요성

빛의 파장에 따른 밝기 분포, 즉 천체의 스펙트럼을 측정하는 분광 관측은 빛의 파장에 대한 정보가 대부분 손실되는 영상을 획득하는 이미지 관측에 비해 천체에 대한 훨씬 풍부한 정보를 획득할 수 있다. 따라서, 연구대상의 상태와 성질에 대한 상세한 이해를 위해서는 분광 관측이 필수적이다.

천문관측용 분광기는 가시광은 물론 전파부터 X-선까지 모든 파장대에 걸쳐 사용되며, 적외선 파장대의 분광 관측은 높은 투과율과 다양한 분자선들로 인해 별과 은하의 탄생과 진화 연구에 특히 유용하다. 그러나, 일반적으로 분광기는 카메라에 비해 구조가 복잡하고 더 다양한 요소로 구성되어 있어서 개발이 상대적으로 어렵다. 예를 들어, 적외선 분광기는 광검출기는 물론 광학계 전체를 냉각시켜야 하는 등 일반적인 광학 관측기기에 비해 고도의 기술이 요구된다.

세부기술분야

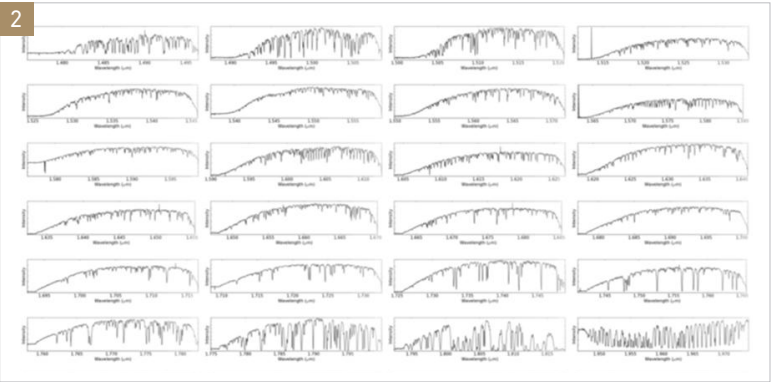
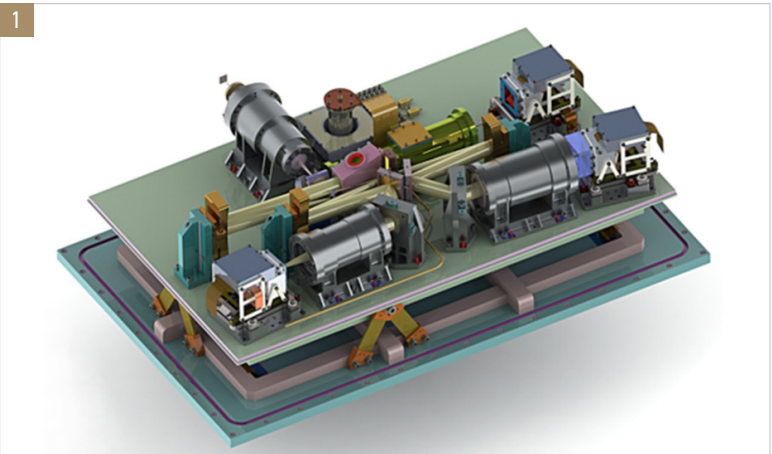
- 2.1. 고분산 분광기 (적외선)
- 2.2. 분광소자 측정기술
- 2.3. 소형 분광기 기술

2.1. 고분산 분광기 (적외선)

기술 개요

- 빛을 파장에 따라 스펙트럼으로 분산하는 분광기술은 물질의 온도, 밀도 및 운동상태와 화학조성 등 다양한 물리적, 화학적 정보를 측정할 수 있음
- 적외선 파장대의 분광 관측은 높은 투과율로 다양한 분자선들을 측정할 수 있어 별과 은하의 탄생과 진화 연구에 유용함
- 고분산 분광 관측은 물질의 운동속도를 정밀하게 측정하고 복잡한 화학조성을 정밀하게 분석할 수 있으며 미약한 분광선들을 더 잘 구분할 수 있음
- 천문연은 2009년부터 IGRINS, GMTNIRS 등 첨단 분광소자 기술을 적용한 혁신적인 적외선 고분산 분광기를 개발해 왔음

기술관련 주요 이미지



1. 적외선 고분산 분광기 IGRINS의 내부 구조
2. IGRINS 분광기의 스펙트럼 관측 사례

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
분광기 광학설계 기술	미보유	기초연구
고분산 분광소자 제작 기술	미보유	기초연구
분광소자 광기계 마운트 기술	보유	실용화
극저온 진공/냉각시스템 기술	보유	실용화
극저온 구동부 제작 및 제어 기술	보유	응용연구
고분산 분광 자료처리 S/W 기술	보유	실용화
분광기 조립정렬시험 기술	보유	실용화

기술의 활용성

- 측정 대상의 성분과 상태, 특성 등의 분석이 필요한 천문우주, 원격탐사, 화학, 생명공학 등의 분야에서 활용 가능
- 대기 오염물질 측정 등 국민 실생활에 민감한 환경 등의 분야에 활용
- 국방 분야에서 위험물질의 탐지, 모니터링 등에 활용 가능
- 물류, 유통 분야에서 식재료, 식품의 품질 확인 등에 활용

기술 담당자

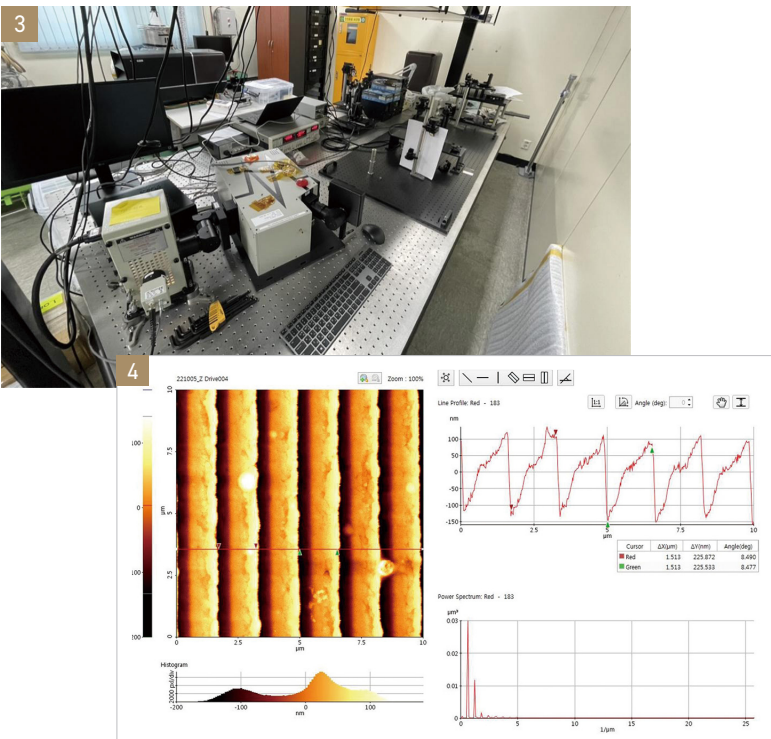
천문우주기술센터 | 이성호 | leesh@kasi.re.kr

2.2. 분광소자 측정기술

기술 개요

- 분광기의 핵심 부품은 빛을 파장에 따라 스펙트럼으로 분산하는 프리즘, 분광격자 등 분광소자임
- 분광소자가 설계대로 제작되었는지 확인하기 위해서는 분광기 운용 파장에서 분광소자에 의해 회절되는 빛의 효율을 측정하는 기술 등이 필요함
- 분광격자의 경우에는 격자 패턴이 균일하게 가공되었는지 확인하기 위해 격자가 새겨진 면의 형상 측정, 분광선 프로파일 검사를 통한 산란광 측정 등도 필요함
- 분광소자의 내부에서 분산이 이루어지는 담금격자의 경우에는 전자현미경 등을 이용한 담금격자의 단면 및 3차원 구조 검사도 추가로 적용됨
- 천문연에서는 담금격자 검사를 위해 회절 효율 측정 기술, 간섭계를 이용한 격자면 형상 측정 기술, SEM 및 AFM을 이용한 격자 주기 및 격자 단면의 회절각 측정 등을 연구한 바 있음

기술관련 주요 이미지



3. 분광격자의 회절 효율 측정 장치

4. AFM을 이용한 분광격자 구조 측정

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
회절 효율 측정 기술	보유	응용연구
격자면 형상 측정 기술	보유	응용연구
담금격자 3차원 구조 측정 기술	보유	응용연구

기술의 활용성

- 분광기 개발에 있어 핵심 부품인 분광소자의 성능을 검증하는 핵심 기술
- 가시광, 적외선, 자외선 등 넓은 파장 영역에 대해 공통적으로 적용 가능
- 분광소자의 설계 및 신종 소자 개발에 있어 성능 목표 검증에 필요함

기술 담당자

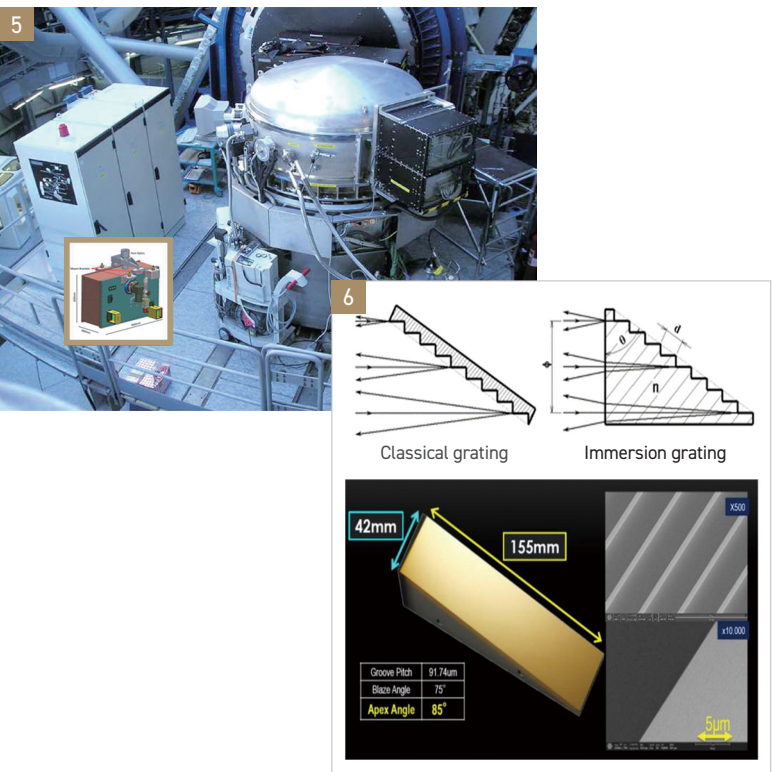
천문우주기술센터 | 김윤종 | yjkim@kasi.re.kr

2.3. 소형 분광기 기술

기술 개요

- 빛을 파장에 따라 스펙트럼으로 분산하는 분광기술은 물질의 온도, 밀도 및 운동상태와 화학조성 등 다양한 물리적, 화학적 정보를 측정할 수 있음
- 분광기의 핵심 성능인 분광 분해능과 파장 범위 등을 높이기 위해서는 분광소자와 검출기 등의 대형화가 필요하고 이는 분광기의 대형화로 이어져 용도의 제한과 운용 및 유지 비용의 증가를 유발함
- 특히 중량과 부피가 엄격히 제한되는 우주 탑재체의 경우 핵심적인 고려사항이 되며, 광학계의 냉각이 필요한 적외선 분야에서는 대형 냉각시스템이 수반되므로 소형화 기술이 매우 중요함
- 차세대 분광소자인 담금격자는 분광 성능을 높이면서 분광기를 소형화할 수 있는 획기적인 기술임
- 천문연은 2009년부터 IGRINS, GMTNIRS 등 담금격자를 활용한 첨단 분광기를 개발해 왔음

기술관련 주요 이미지



5. 담금격자 분광기 (IGRINS)와 유사 성능의 일반 분광기(CRiRES) 크기 비교 사례
6. 담금격자의 원리 및 예시(Canon)

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
분광기 광학설계 기술	미보유	기초연구
담금격자 제작 기술	미보유	기초연구
담금격자 광기계 마운트 기술	보유	실용화
담금격자 온도제어 기술	보유	실용화
분광기 조립정렬시험 기술	보유	실용화

기술의 활용성

- 소형/경량 분광기는 드론 등 비행체 탑재용으로 유용함
- 중량과 부피 제한이 엄격한 우주 탑재체에 유용함
- 극저온 냉각시스템이 필요한 적외선 분광기의 제작비용 절감
- 담금격자는 차세대 분광소자로 수출 가능하며 가공장비의 상용화도 가능

기술 담당자

천문우주기술센터 | 이성호 | leesh@kasi.re.kr

3

중력파 검출기

Gravitational-wave Detector

개요 및 중요성

중력파 검출용 초고감도 레이저 간섭계 구현에 필요한 기술은 기계열역학, 광학, 전자공학 분야가 있는데, 이중 천문연구원은 광학 기술분야 연구를 수행하고 있다. 연구의 주요내용은 양자조임기술 확보 및 응용기술 개발이고, 이와 별도로 시험 질량체의 정밀 광학특성 측정평가기술을 확보하려고 한다.

양자조임기술은 양자조임상태 광을 활용해서 레이저 간섭계의 양자잡음을 획기적으로 저감하여 중력파 검출기 감도를 개선하는 필수적인 역할을 한다. 그리고 시험질량체는 레이저 간섭계의 공동기를 구성하는 기본요소로서 광학특성에 따라 검출기 자체의 성능이 좌우되기 때문에 광학특성을 정밀평가하는 기술이 필요하다. 여기서는 양자조임 및 정밀 광학특성 측정평가 기술들에 대해 설명한다.

세부기술분야

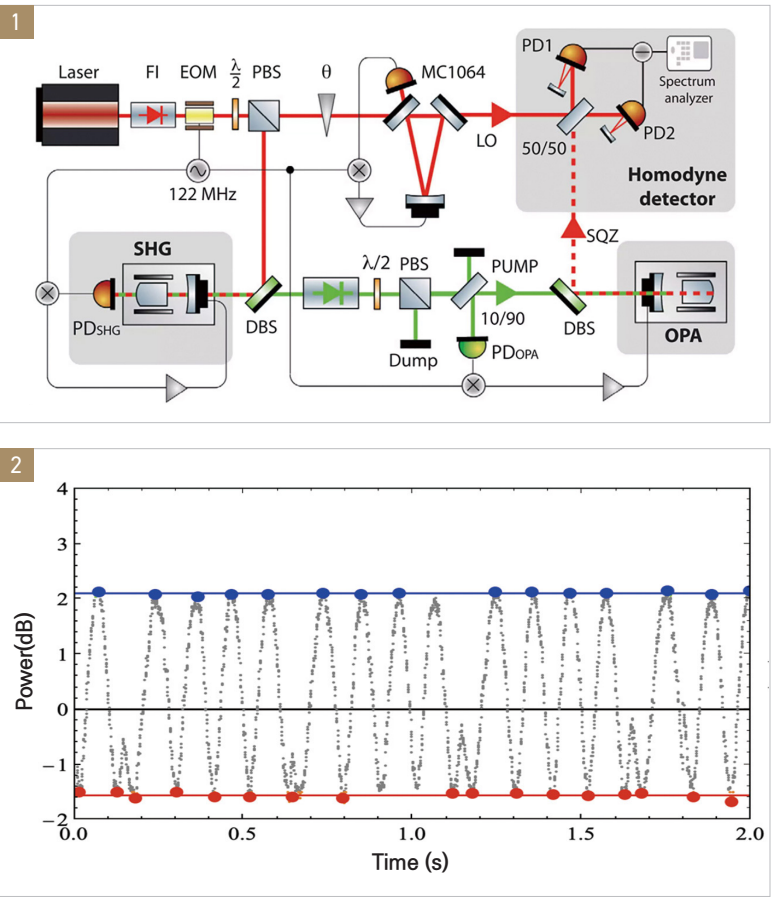
- 3.1. 양자조임기술
- 3.2. 필터 공동기 양자조임기술
- 3.3. EPR 양자조임 기술
- 3.4. 모드 매칭 기술
- 3.5. 시험 질량체 성능평가 기술
- 3.6. 양자조임상태 측정 기술

3.1. 양자조임기술

기술 개요

- 중력파 측정을 위한 레이저 간섭계의 감도를 높이는 기술
- 레이저 간섭계의 잡음요소 중 양자잡음 저감을 위해 양자진공 조임상태의 빛을 생성하는 기술임
- 양자조임 상태 빛은 간섭계와 결합해서 양자잡음 한계를 뛰어넘는 감도를 확보할 수 있음

기술관련 주요 이미지



1. 양자진공 조임상태
생성 모식도
2. 양자진공 조임상태
검출 결과

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
레이저 위상 제어 기술	미보유	기초연구
모드 매칭 기술	보유	응용연구
RF 전자신호 처리 기술	보유	응용연구
공동기 제어 기술	미보유	응용연구

기술의 활용성

한 개 이상 양자 조임상태 광원으로 생성된 양자 얽힘상태를 활용한 양자통신 기초연구

기술 담당자

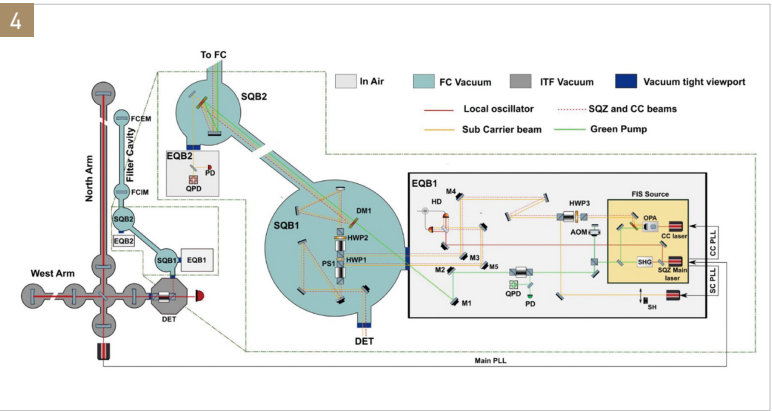
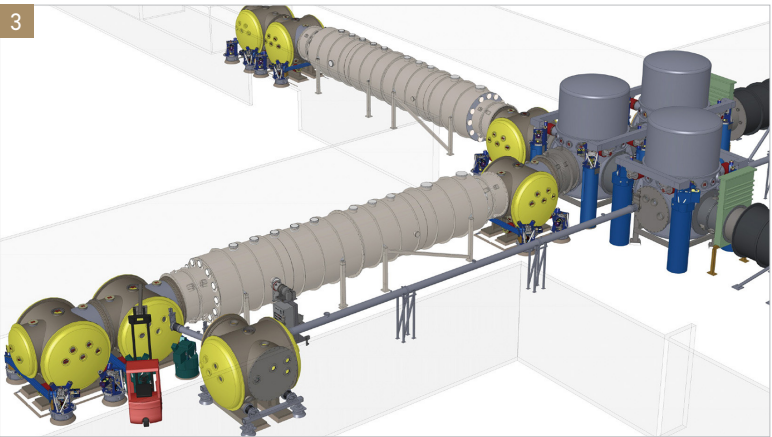
천문우주기술센터 | 김창희 | chkim@kasi.re.kr

3.2. 필터 공동기 양자조임기술

기술 개요

- 중력파 측정을 위한 레이저 간섭계의 감도를 높이는 기술
- 양자조임 상태 빛 위상을 회전하여 간섭계와 결합하면 복사압이 지배적인 낮은 주파수 대역에서도 양자잡음 한계를 뛰어넘는 감도를 확보할 수 있음
- 양자조임 상태 빛 위상을 회전하기 위해서 필터 공동기를 적용한 기술임
- LIGO 및 Virgo 중력파 간섭계에서 기술 개발을 수행하고 시범관측을 수행하고 있음
- 한국천문연구원에서는 KAGRA 연구진과 KAGRA 필터공동기 개발을 진행하고 있으며 현재 광학 아이솔레이터 개발을 수행 중임

기술관련 주요 이미지



3. LIGO A+ 필터공동기
예상도
4. Virgo 업그레이드(AdV+)
필터공동기 모식도

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
레이저 위상 제어 기술	미보유	기초연구
Faraday 소자 제어 기술	보유	응용연구
레이저 광학기구 설계 기술	보유	응용연구

기술 담당자

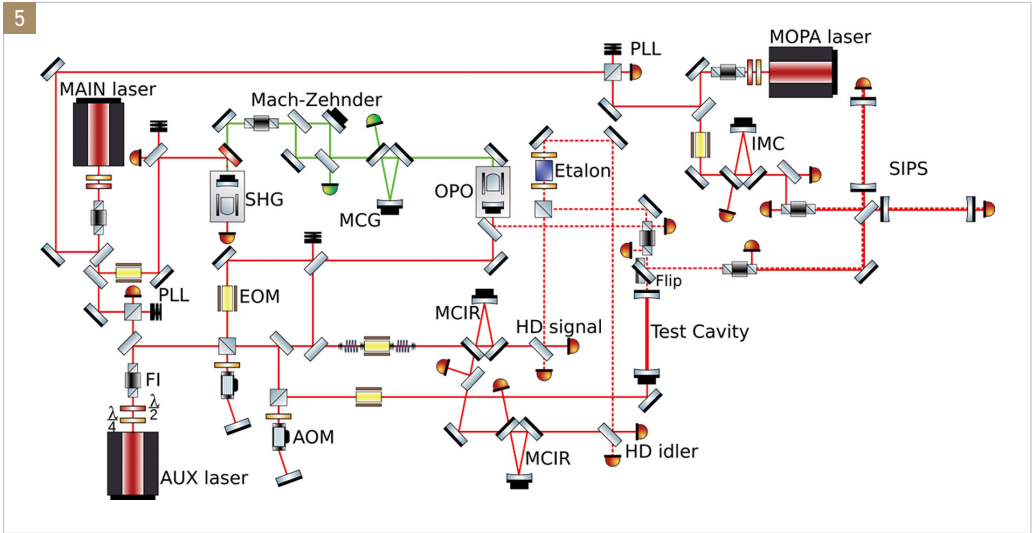
천문우주기술센터 | 이성호 | leesh@kasi.re.kr

3.3. EPR 양자조임 기술

기술 개요

- 중력파 측정을 위한 레이저 간섭계의 감도를 높이는 기술
- EPR 얽힘 상태 양자조임 광원을 중력파 간섭계와 결합해서 낮은 주파수 대역의 감도를 개선 하는 기술
- 필터 공동기와 같은 대형 장비를 대체해서 두 번의 광학측정으로 동일한 감도개선 효과를 구현하는 기술
- 세계 선진기관에서 실험실 수준 검증 단계의 기술이고 한국천문연구원에서는 Virgo R&D 팀과 공동연구 진행 중임

기술관련 주요 이미지



5. EPR 실험 모식도

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
레이저 위상 제어 기술	미보유	기초연구
레이저 광학기구 설계 기술	보유	응용연구
RF 전자신호 처리 기술	보유	응용연구
공동기 제어 기술	미보유	기초연구

기술의 활용성

양자 얽힘상태를 활용한 양자통신 기초연구

기술 담당자

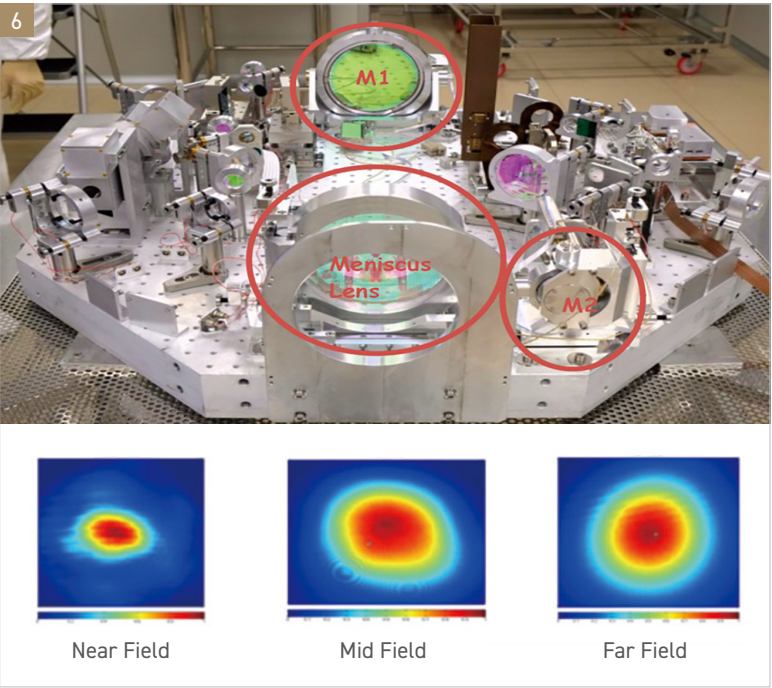
천문우주기술센터 | 김창희 | chkim@kasi.re.kr

3.4. 모드 매칭 기술

기술 개요

- 광학 공동기 사이에서 레이저 전달 손실을 최소화하는 기술
- 중력파 관측 레이저 간섭계는 많은 종류의 공동기 조합으로 구성되어 있고 각 공동기들은 서로 다른 모드 공진조건을 가지고 있음
- 광학 공동기의 각 공진조건과 일치하도록 레이저 모드를 조절할 수 있는 거울과 렌즈의 조합 광학계 장치를 다루는 기술임
- 한국천문연구원에서는 Virgo R&D 팀과 EPR 공동연구에서 모드 매칭 망원경 개발을 담당하고 있음

기술관련 주요 이미지



6. Virgo 망원경에 설치된 모드 매칭 망원경 그림

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
레이저 위상 제어 기술	미보유	기초연구
레이저 광학기구 설계 기술	보유	응용연구
레이저 광학계 설계 기술	보유	응용연구

기술의 활용성

- 다양한 조건에서 레이저 모드를 조절하는 모드매칭 망원경 제작
- 망원경 공차분석 및 레이저 광학계 성능분석 기술
- 광학부품 조립 및 정렬 기술

기술 담당자

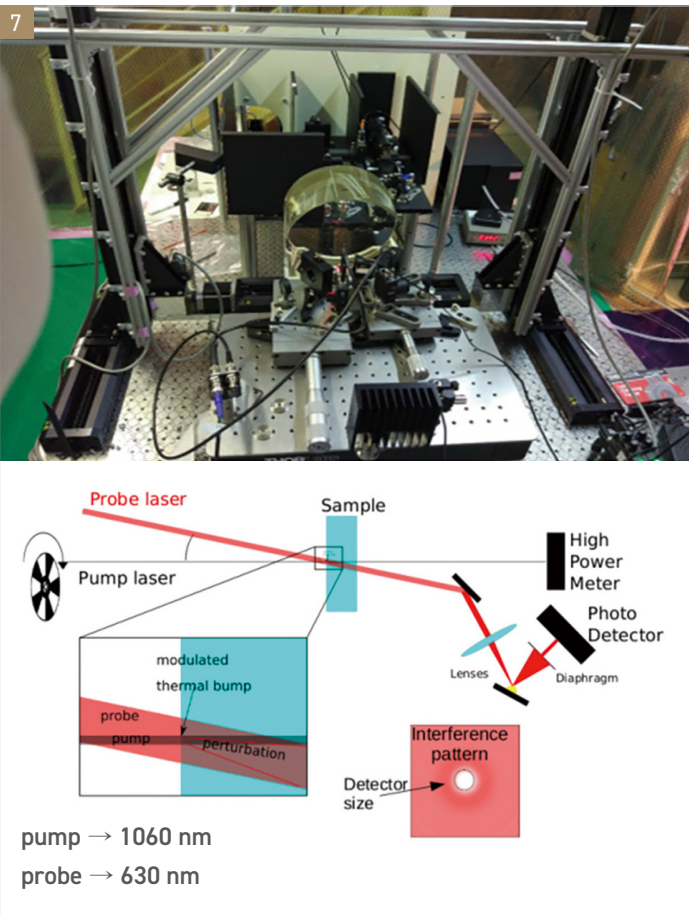
천문우주기술센터 | 이성호 | leesh@kasi.re.kr

3.5. 시험 질량체 성능평가 기술

기술 개요

- 중력파 검출기에 사용되는 시험질량체 소재의 특성을 파악하는 기술
- 중력파 검출기에 사용되는 시험질량체는 흡수율과 산란 특성이 낮아야 하고 열 전도율이 좋아야 하며 복굴절 효과가 작을수록 중력파 검출 감도가 향상됨
- 사파이어 소재는 위의 특성을 만족하므로 좋은 시험질량체 후보
- 중력파 검출 감도 향상을 위해서는 시험질량체의 무게를 증가시켜야 하므로 요구조건을 만족하는 대구경 사파이어 소재가 필요
- 대구경 사파이어 소재의 흡수율, 복굴절을 측정하는 기술을 개발 중

기술관련 주요 이미지



7. PCI 방법을 이용한
복굴절과 흡수율 측정 방법
(NAOJ)

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
레이저 위상 제어 기술	미보유	기초연구
레이저 광학기구 설계 기술	보유	응용연구
레이저 정밀 측정 기술	미보유	기초연구

기술의 활용성

- 대형 사파이어 소재의 특성파악(복굴절, 굴절률, 흡수율 등)
- PCI 기술을 이용한 다양한 소재에 대한 흡수율 측정방법 개발

기술 담당자

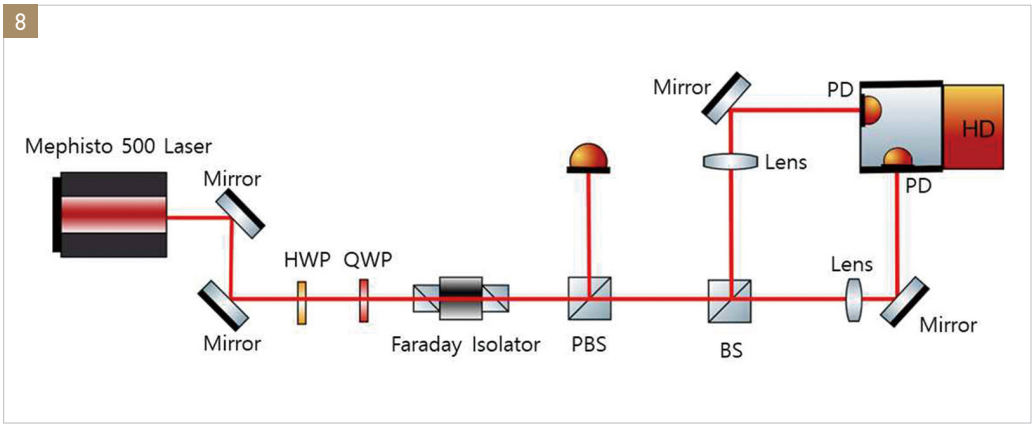
천문우주기술센터 | 김윤종 | yjkim@kasi.re.kr

3.6. 양자조임상태 측정 기술

기술 개요

- 양자조임광의 정확한 측정을 위해 호모다인 측정을 이용한 빛의 전기장 측정이 요구됨
- 저효율 상용 호모다인 검출기를 대체하는 고효율 호모다인 검출기와 광소자(포토다이오드)를 개발하고, 검출기를 특성화하기 위한 기술이 요구됨
- 한국천문연구원에서 단파장(1064 nm) 호모다인 검출 기술 개발 중, 이후 장파장 (2μm) 호모다인 검출 기술 개발 예정

기술관련 주요 이미지



8. 호모다인 검출기 성능 측정 광학계 모식도

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
레이저 위상 제어 기술	미보유	기초연구
RF 전자신호 처리 기술	보유	응용연구
RF 전자회로 분석 기술	보유	응용연구

기술의 활용성

- 간섭신호의 처리를 통한 데이터 분석
- 변위차를 이용한 정밀 거리 측정

기술 담당자

대형망원경사업단 | 정의정 | ujj@kasi.re.kr

4

광학시스템

Optical System

개요 및 중요성

천문우주현상을 시각화하여 관측하는 방법은 천문학 연구의 가장 오래된 관측방법이며, 광학시스템은 가시광선은 물론 적외선 및 자외선 파장대역에서도 관측함으로써 관측대상의 파장대별 정보를 확보할 수 있는 시스템이다.

광학시스템은 원거리에 있는 작은 대상을 고해상도로 선명하게 관측하거나 촬영하기 위한 광학장치로 이해할 수 있으며, 천문우주현상을 시각화하는 데에도 필수적인 역할을 한다. 광학시스템을 통해 우리는 천체들의 구성 요소, 구조, 운동 등을 파악할 수 있으며, 별들의 진화 및 우주의 역사에 대한 이해를 높이는 데에도 도움이 된다. 또한 광학시스템은 우주산업, 항공 및 군사분야에도 적용될 수 있어서 우주비행체의 움직임 정보를 신속하게 획득하고 모니터링함으로써 전략적 자산 확보에 크게 기여를 하고 있다.

본 장에서는 광학계 설계, 소재, 가공 및 측정, 조립정렬 및 성능평가 등 광학시스템을 구성하는 핵심적인 요소기술은 물론 조각거울 제작 및 동일위상 구현기술 등 융합적 기술개발 분야도 포괄적으로 설명하고 있다.

세부기술분야

- 4.1. 자유곡면 향상 광학계 설계 기술
- 4.2. 고해상도 망원경용 경량 반사경 소재 개발기술
- 4.3. 신소재 경면 가공 및 측정 기술
- 4.4. 광학시스템 조립/정렬/평가기술
- 4.5. 동일위상 구현 및 제어 기술
- 4.6. 경량 대구경 조각거울 기술

4.1. 자유곡면 형상 광학계를 위한 기술 개발

기술 개요

자유곡면 형상은 상당히 오랜 시간 전부터 기존 광학 시스템에서 정립해 놓은 이론에서 한층 더 높은 성능을 위해 여러 접근법으로 다양한 이론들이 소개되었다. 그럼에도 불구하고 가공, 측정, 제작 등의 어려움으로 인해 사용이 쉽지 않은 상태이다.

최근에는 여러 측정과 제작 기술이 발달하여 소수 특별 분야, 예를 들면 천문학, 반도체, 가상현실 분야에서 큰 비용을 들여 적용되고 있다.

자유곡면 형상은 향후 기술 발전으로 인해 기존 기술을 넘어 다양한 분야에서 상용화됨으로 기존 광학 성능을 혁신적으로 높일 수 있는 기술이다.

자유곡면 형상을 이용한 설계 및 분석 기술

- 설계: 다양한 설계 기법이 다양한 분야에서 연구 중이고 이미 사용되고 있다.
- 분석: 공차분석, 고스트 분석, 잡광분석

자유곡면 형상을 이용한 광학 시스템 정렬 기술

- 자유곡면 형상을 포함하고 있는 광학 시스템은 구면으로만 구성된 광학 시스템 보다 정렬 공차 상당히 작다. 이를 극복하기 위해 자유곡면을 위한 정렬 기술 보유할 수 있다.

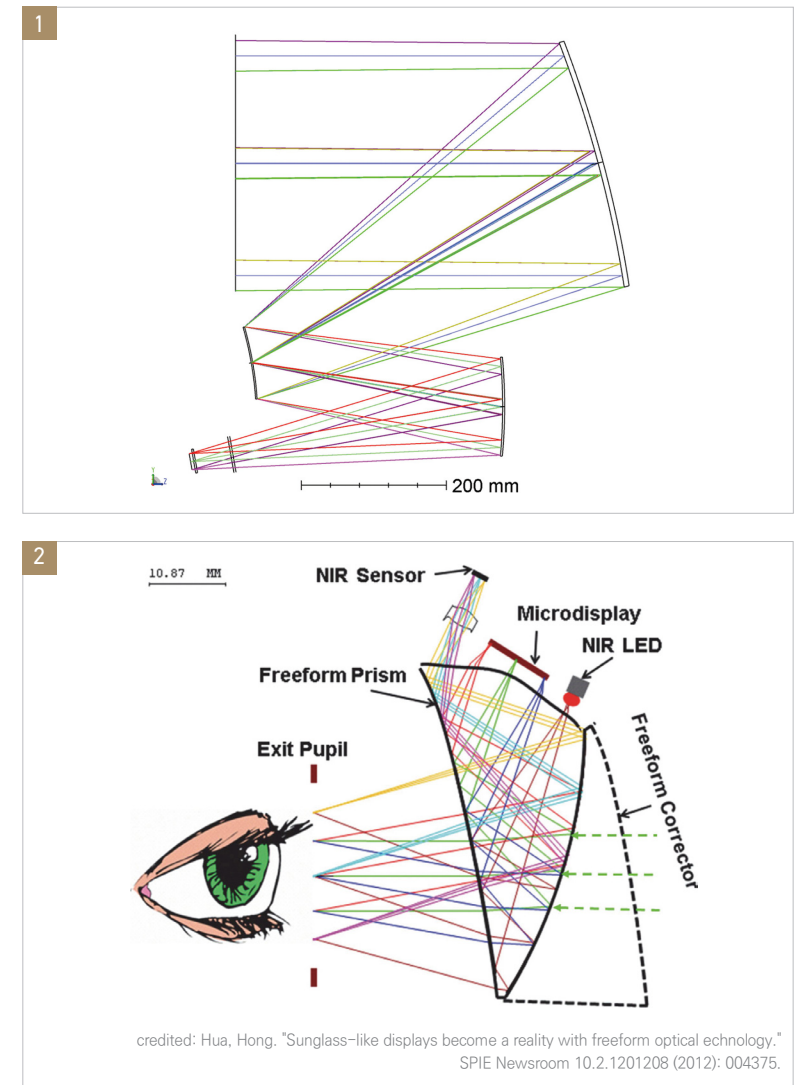
자유곡면 형상을 이용한 광학 시스템 성능검증 기술

- 자유곡면 형상 광학 시스템 성능 검증을 위한 CGH 설계 기술
- 자유곡면 형상 광학 시스템 성능 교차 검증을 위한 측정 기술 개발

자유 곡면 형상은 차세대 광학 시스템 개발에 있어서 필수적으로 고려되고, 이를 위한 설계 및 다양한 분석 기술과 정렬과 성능검증 기술이 준비되어야 한다. 그러한 기술들은 다양한 분야에서 연구 중이다.

- 자유곡면 형상을 이용한 시스템 설계를 위한 분석 기술 확보
- 자유곡면 형상 시스템의 조립/정렬 방법 기술 확보

기술관련 주요 이미지



기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
자유곡면 형상을 이용한 설계 및 분석 기술	개발중	응용연구
자유곡면 형상을 이용한 광학 시스템 정렬 기술	개발중	응용연구
자유곡면 형상을 이용한 광학 시스템 성능검증 기술	개발예정	응용연구

기술의 활용성

현재의 자유곡면 형상은 천문우주와 반도체 분야에서 사용되고 있고, 기술적인 어려움과 고가의 비용으로 쉽게 다양한 분야까지 전파되진 못하고 있다. 향후 비용의 절감이 가능하면 방산, 바이오 등 다양한 분야에서 사용이 될 수 있다.

기술 담당자

천문우주기술센터 | 김지현 | jihun@kasi.re.kr

천문우주기술센터 | 김윤종 | yjkim@kasi.re.kr

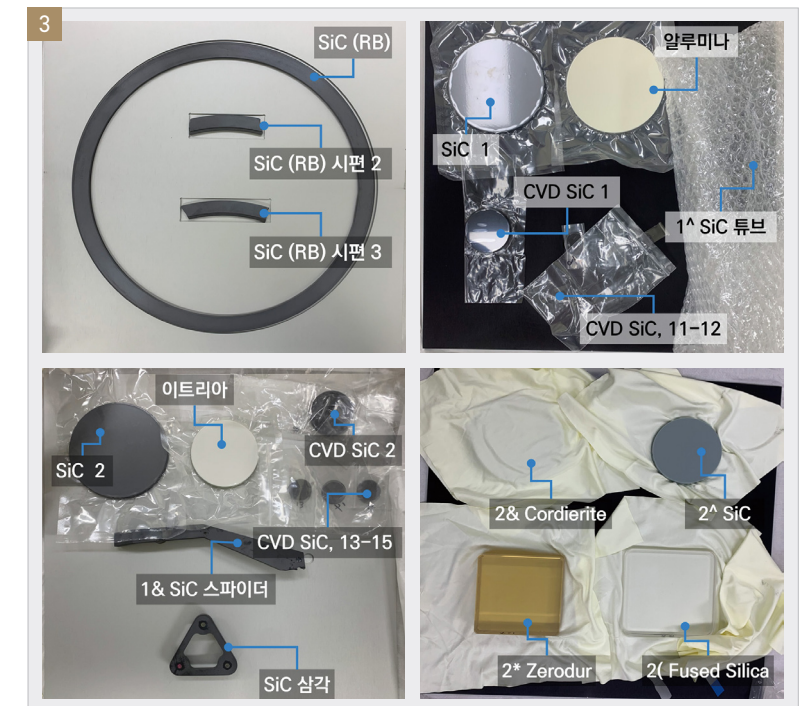
4.2.

고해상도 망원경용 경량 반사경 소재 개발기술

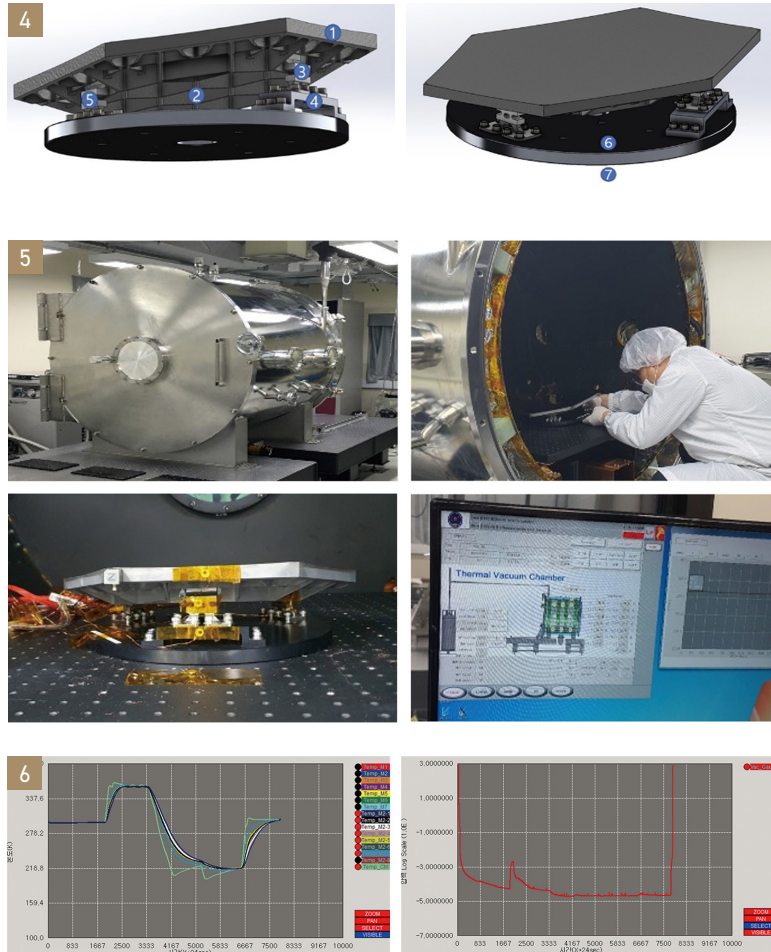
기술 개요

- 강성이 높아 경량화가 탁월한 소재 개발 기술
- 우주 및 지상의 극심한 온도, 습도, 진동 등 환경변화에 견딜 수 있는 물성 확보 필요
- 가벼우면서도 환경변화에 둔감한 소재 개발
- 광학계의 광학면과 구조체에 모두 사용 가능한 소재개발
- 소재 자체의 강성을 높일 수 있는 소재제작 공정개발 필요
- 강하면서도 연마특성이 좋아서 자외선 영역에서도 관측이 가능한 소재 개발 필요

기술관련 주요 이미지



3. 경량 소재 및 부품



4. 온도센서 부착 위치
5. 열진공 시험 수행
6. 열 그래프(왼쪽)와 진공 그래프(오른쪽)

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
경량 및 열전도도 우수 소재 개발기술	개발중	기초연구
광학면 및 구조체 접합기술	개발중	응용연구
강성 향상을 위한 소재제작 공정개발	개발예정	기초연구
고연마 및 자외선 소재 개발	개발예정	기초연구

기술의 활용성

- 우주항공용 광학계: 무게가 매우 중요한 요소로 작용하는 우주 및 항공용 광학계 개발 시 적용
- 군용 광학계: 경량화되면서 환경변화에 둔감한 광학계는 매우 가혹한 환경에서도 목표물의 움직임을 제대로 포착하기 위한 군용 광학장비에 적용 가능

기술 담당자

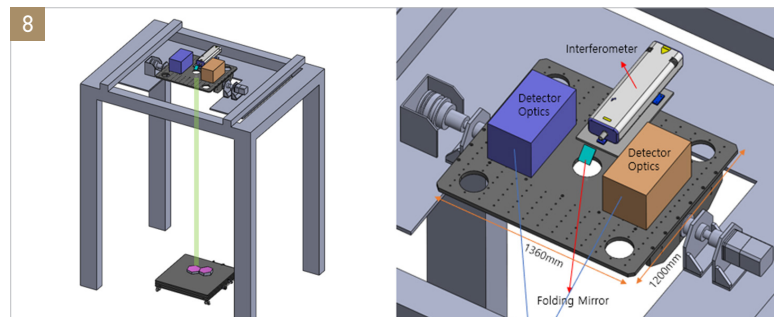
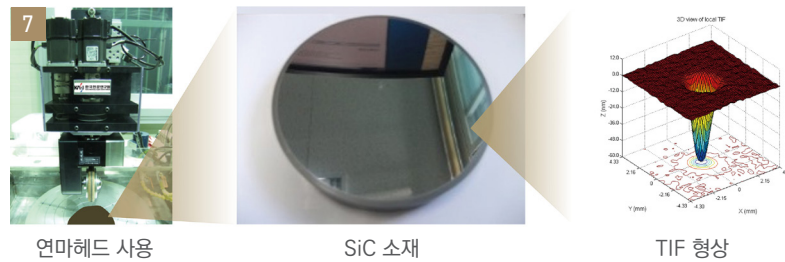
천문우주기술센터 | 한정열 | jhan@kasi.re.kr

4.3. 신소재 경면 가공 및 측정 기술

기술 개요

- 자유형상 및 자유곡면을 가공하고 측정할 수 있는 기술
- 반사경면의 가장자리를 가공하고 자유형상 및 자유곡면을 측정하여 성능을 평가할 수 있는 기술
- 1미터급 육각 또는 자유형상 광학면 개발기술
- 가시광선 및 자외선 등 짧은 파장대역 관측이 가능한 반사경 구현기술 확보 필요
- 연마압에 의한 켈트(quilt) 최소화를 위한 치구 설계 및 분석 기술
- 반사경면 가공단위부피(TIF) 생성 연구
- 유효구경 최대화를 위한 가장자리 마운트 상쇄 기술
- 비구면 적용을 위한 CGH 또는 널렌즈 설계 및 제작 기술
- 경량 신소재 경면 코팅 기술

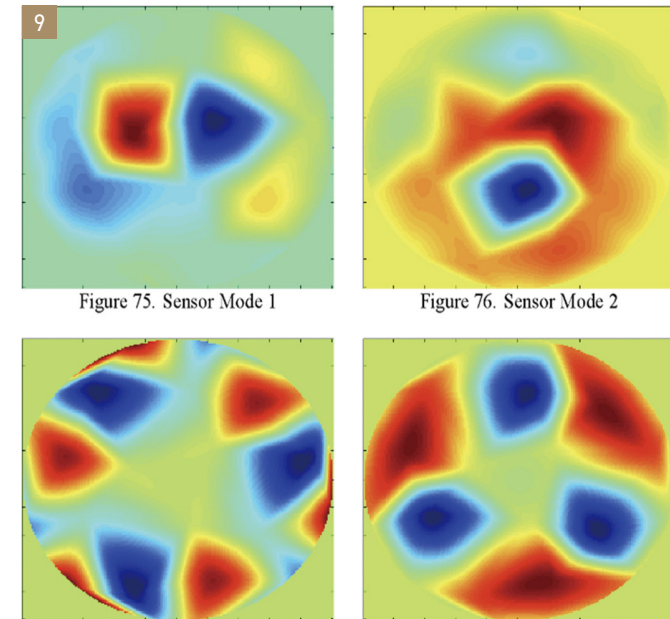
기술관련 주요 이미지



7. 신소재 연마연구
8. 1미터급 광면소재
성능평가 개념도

9. 켈트 최소화를 위한
분석 사례

기술 주요 특성



기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
1미터급 육각 또는 자유형상 광학면 개발기술	개발예정	기초연구
컬트 최소화를 위한 치구설계 및 분석	개발예정	기초연구
반사경면 가공단위부피 생성 연구	개발중	응용연구
가장자리 마운트 상쇄 기술	개발예정	응용연구
CGH 및 널렌즈 제작 기술	개발중	응용연구
경면 코팅 기술	개발중	응용연구

기술의 활용성

환경감시 및 군용 모니터링 광학계: 가시광선 및 자외선 등 짧은 파장대역에서도 관측이 가능한 반사경이 적용된 광학계 적용

기술 담당자

천문우주기술센터 | 한정열 | jhan@kasi.re.kr

4.4. 광학시스템 조립/정렬/평가기술

기술 개요

과학적 목적에 의한 광학 설계는 다양한 분석으로 제작 가능성을 높일 수 있다. 그럼에도 시스템을 완성하기 위해서는 조립, 정렬, 그리고 최종 성능이 과학적 목적을 위해 충분하지를 확인해야 한다.

높은 성능의 광학 시스템일수록 더욱 높은 정렬 정밀도를 요구하게 되고, 이를 위해 단지 높은 정밀도의 측정 장비를 사용한다면 상당히 많은 시간이 소요된다. 이를 해결하기 위해 순차적으로 낮은 정밀도에서 높은 정밀도의 측정 장비를 사용하면서 조립과 정렬을 진행해야 한다.

조립과 정렬을 위한 기술 확보

조립과 정렬은 정밀도의 정도에 따라 다양한 정렬 툴이나 장비를 조합하여 사용하게 된다. 예를 들면 CMM이나 Laser Tracker 등과 같이 기계적인 조립으로 시작하여 간섭계와 같은 높은 정밀도의 측정기기를 사용하여 정렬 계획을 수립하면, 시간과 성능 확보에 많은 이익이 된다. 가시광용 광학 시스템의 경우에는 간섭계와 CGH가 사용될 수 있고, PSM (Point Source Microscope) 등이 간섭계와 함께 사용되어 폭넓은 정밀도를 동시에 사용하여 시간을 절약할 수 있다.

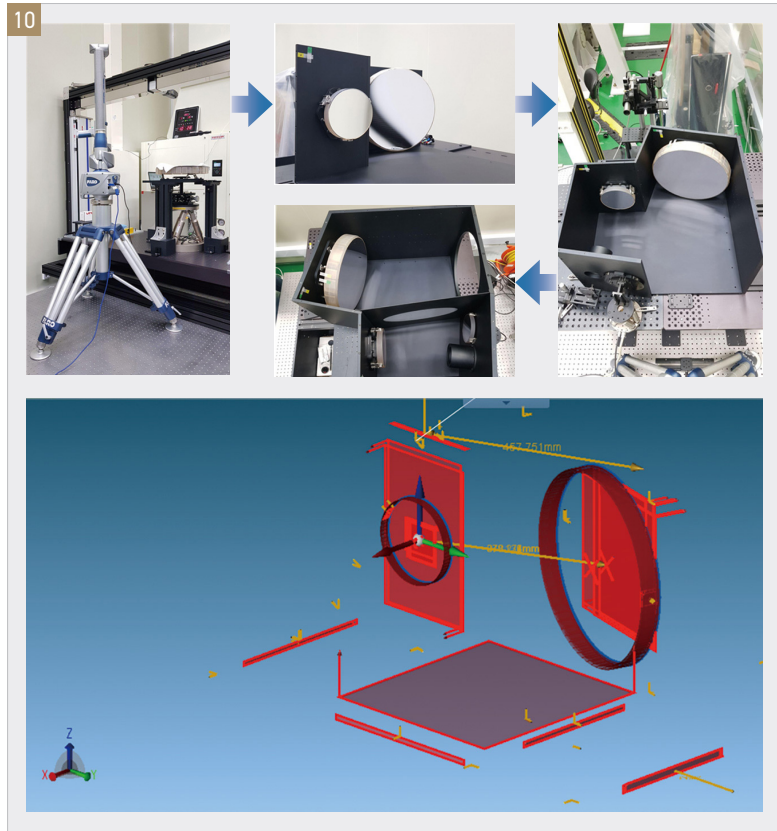
성능 평가/검증 기술 확보

조립과 정렬이 수행된 이후, 최종적으로 필요한 작업은 최종 성능이 과학적 목적에 필요한 성능을 갖는지 확인하는 작업이다. 이를 위해 정렬 단계에서 사용된 간섭계가 사용될 수 있고, 광학 시스템 요구 사항에 따라 RMS spot 크기나 MTF 측정을 수행할 수도 있다. 이를 위해 용도에 맞는 측정 툴이 개발될 필요가 있다.

조립, 정렬, 그리고 성능 평가는 다양한 광학 시스템의 구성에 따라 다양하게 접근하여 그 목적을 달성해야 해서 다양한 기술과 이를 기반으로 하는 노하우가 필요한 기술이다.

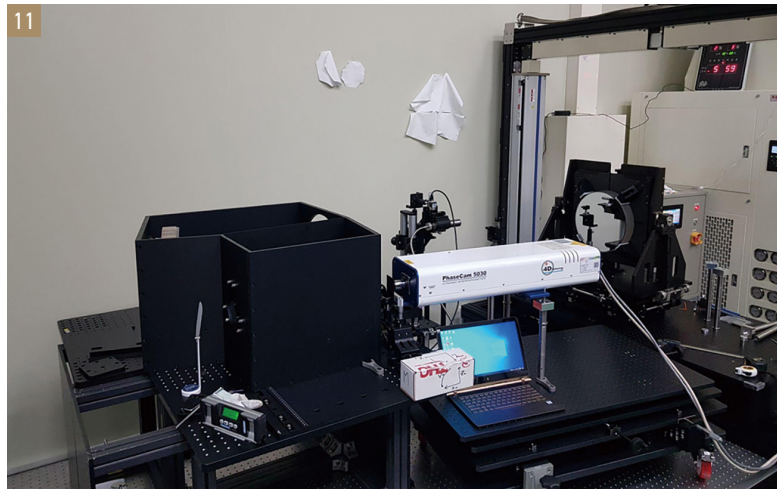
다양한 측정기기를 이용한 조립, 정렬, 그리고 성능 평가기술은 모든 광학 시스템의 성능이 요구 사항을 만족하는지 확인하고, 교차 검증에 사용될 수 있다. 다양한 조합의 측정 툴과 장비의 사용은 성능검증과 교차 검증으로 개발 사업의 리스크를 상당히 줄일 수 있다.

기술관련
주요 이미지



10. Laser tracker를 이용한 자유곡면 반사계 정렬 방법

11. 정렬과 성능 검증을 위한 간섭계 사용



기술 주요
특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
Laser Tracker와 CMM을 이용한 정렬 기술	개발중	응용연구
CGH와 간섭계를 이용한 정렬, 성능 검증 기술	개발중	응용연구
Alignment telescope를 정렬 기술	개발 완료	응용연구
PSM과 간섭계를 이용한 정렬 기술	개발예정	응용연구

기술의
활용성

천문 관측 기기는 반도체에 사용되는 광학 시스템만큼이나 복잡하고 높은 성능을 요구하고 있다. 그런 이유로 본 기술은 천문 관측 기기 개발뿐 아니라 반도체, 국방 과학에도 다양하게 적용될 수 있는 기술이다.

기술 담당자

천문우주기술센터 | 김지현 | jihun@kasi.re.kr

천문우주기술센터 | 김윤종 | yjkim@kasi.re.kr

4.5. 조각거울 동일위상 구현 및 제어 기술

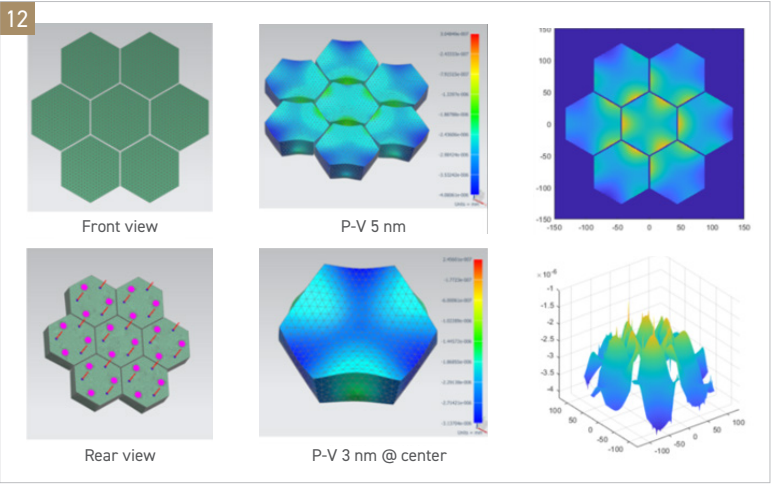
기술 개요

- 조각거울을 하나의 거울면처럼 구현하기 위한 기술
- 나노미터급으로 미세한 조각거울면을 확보하기 위한 기술
- 다수의 조각거울이 동일한 위상으로 정렬 할 수 있는 기술
- 50 나노미터 이하로 조각거울의 위상을 제어할 수 있는
- 동일위상 구현 및 제어 기술
 - 초경량 조각거울 모듈 설계 기술
 - 액추에이터, 컨트롤러, flexure 제어 기술
 - 신소재 조각거울 마운팅 기술
 - 동일위상 측정 센서(삭-하트만 또는 피라미드 센서) 기술

기술관련 주요 이미지

12. 초경량 조각거울 모듈 설계 기술

13. 조각거울 동일위상 구현 및 제어기술 개념도



기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
초경량 조각거울 모듈 설계 기술	개발중	기초연구
액추에이터, 컨트롤러, flexure 제어기술	개발중	기초연구
신소재 조각거울 마운팅 기술	개발중	기초연구
동일위상 측정 센서 기술	개발예정	기초연구

기술의 활용성

환경감시용 카메라 광학계: 고해상도 관측이 필요한 광학계

기술 담당자

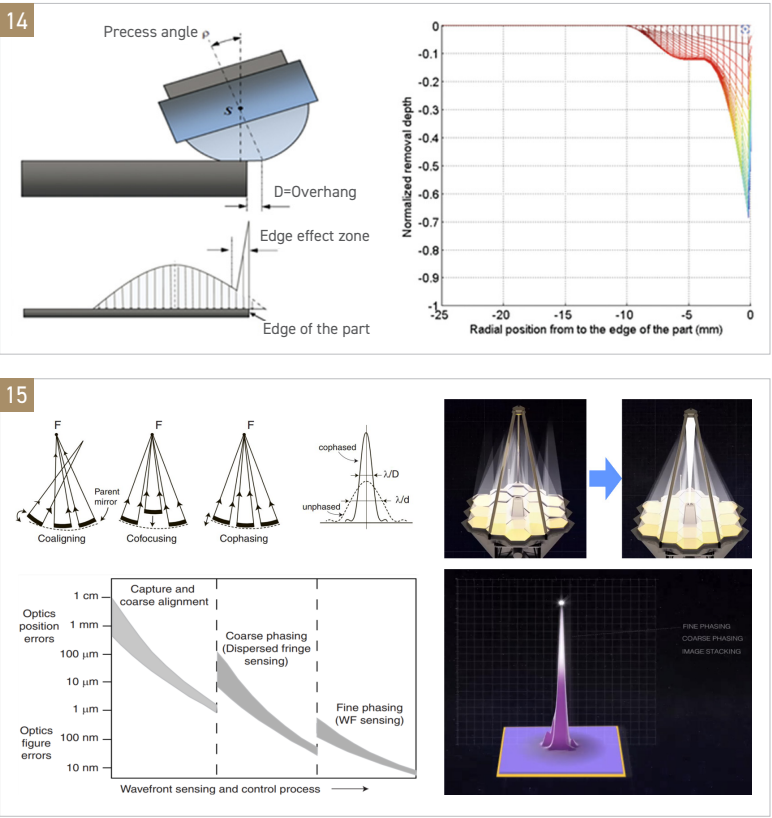
천문우주기술센터 | 한정열 | jhan@kasi.re.kr

4.6. 경량 대구경 조각거울 기술

기술 개요

기술관련 주요 이미지

- 원거리 고해상도 관측을 위한 대구경 반사광학 시스템
- 크기에 제한받지 않는 대구경 반사경 구현 개념



14. 조각거울 연마

15. 조각거울 기술 개념도

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
경량 거울개발 기술	개발중	기초연구
동일위상 기술	개발중	응용연구
알고리즘 개발 및 제어 기술	개발예정	기초연구

기술의 활용성

- 태양열 발전: 다수의 반사경으로부터 받은 에너지를 하나로 모아주어 발전시킬 수 있는 방법
- 정찰 및 정보자산 확보용 광학계: 반사경의 한계로 인한 고분해능 광학계 구현 시 활용

기술 담당자

천문우주기술센터 | 한정열 | jhan@kasi.re.kr

5

적응광학

Adaptive optics

개요 및 중요성

적응광학은 대기에 의한 망원경의 광학적 왜곡을 보상하기 위한 기술로 천문학과 국방 분야에서 발전해 왔다. 지상에서 천체를 관측하기 위한 망원경의 필수적인 기술로 최근에는 우주용 망원경에서도 관련 기술이 적용되고 있다. 일반적으로 광파면센서(Wave-Front Sensor), 고속 조향거울(Fast Steering Mirror), 변형거울(Deformable Mirror), 실시간제어시스템(Real-Time Controller) 등으로 구성된다. 단일 적응광학 시스템의 경우 광파면센서가 분석하고 보상할 수 있는 대기의 고도와 필드가 제한되게 되는데 이를 극복하기 위해, 적응광학 시스템을 복합적으로 구성하는 다양한 형태의 기술들이 연구되고 있다. 적응광학 기술을 적용하기 위해서는 다양한 형태의 적응광학 시스템을 모델링하고 시뮬레이션하기 위한 기술(M&S)이 필요하며, 적응광학 시스템의 분석, 설계, 제작, 평가 등 개발 전 과정에 필요한 종합적인 기술을 필요로 한다.

최근 적응광학 기술은 위성 레이저 통신, 반도체, 의료, 안광학 등 그 응용분야가 확대되고 있으며, NASA에서도 적응광학 기술을 관측기술(Instrumentation) 분야에서 통신(communication) 분야로 재분류하여 기술을 관리하고 있다.

※ 한국천문연구원은 고속영상카메라 기술을 필요로 하는 광파면센서와 실시간제어시스템 기술을 보유하고 있다. 고속조향거울과 변형거울 기술도 국내 출연연구소와 기업에서 국산화를 위한 연구가 수행되고 있다.

세부기술분야

- 5.1. 적응광학 M&S (Modeling & Simulation)
- 5.2. 광파면 센서
- 5.3. 실시간 컨트롤러
- 5.4. 다중접합 적응광학(MCAO)

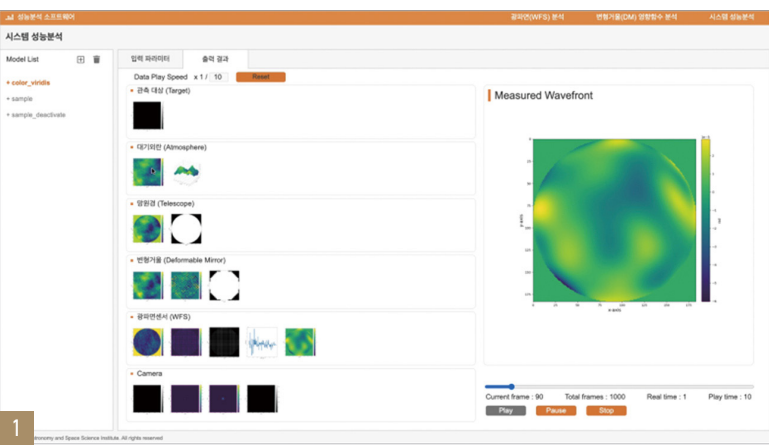
5.1. 적응광학 M&S (Modeling & Simulation)

기술 개요

적응광학 M&S(Modeling and Simulation)는 대기 난류, 광파면센서, 변형거울, 폐쇄 루프(closed loop) 등 모든 구성요소를 가능한 한 실제와 가깝게 모델링하고, 시간 흐름에 따른 적응광학 시스템의 변화를 모두 구현하는 기술로 적응광학 시스템의 설계와 평가를 위해 필요한 기술이다. 전산모사 모델과 현실 사이에는 여전히 일부 차이가 있어, 광학 벤치 테스트를 통한 시스템 성능 분석을 수행하기도 한다.

- 대기 모델링
- 광파면 센서 모델링
- 변형거울 모델링
- 적응광학 시스템 시뮬레이션

기술관련 주요 이미지



1. 적응광학 M&S 기술

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
대기 모델링	보유	개발연구
광파면 센서 모델링	보유	개발연구
변형거울 모델링	보유	개발연구
적응광학 시스템 시뮬레이션	보유	개발연구

기술의 활용성

- 망원경 개발 시 적응광학 시스템 설계와 성능 분석에 활용
- 조각거울을 포함하여 다양한 형태의 망원경 설계와 성능 분석에 활용

기술 담당자

천문우주기술센터 | 최성환 | shchoi@kasi.re.kr

5.2. 광파면 센서

기술 개요

적응광학의 파면센서 기술은 광학 시스템에서 발생하는 파면을 감지하고 분석하는 기술입니다. 이 기술은 주로 광학 장비나 시스템에서 파면이 발생할 때 그 영향을 최소화하거나 보상하기 위해 사용됩니다. 파면 센서에는 여러 유형이 있지만 가장 일반적으로 사용되는 것은 샹크-하트만 파면센서(Shack-Hartmann Wave-Front Sensor)이다. 들어오는 파면을 여러 개의 작은 세그먼트로 나누는 작은 렌즈렛 배열로 구성되며, 각 렌즈렛은 입사광을 CCD 또는 CMOS와 같은 해당 검출기에 초점을 맞춘다. 광파면 분석을 위해서는 고감도의 빠른 프레임 전송속도를 갖는 고성능 카메라와 인터페이스 기술을 필요로 한다.

- 마이크로렌즈 어레이
- 고감도 센서
- 초고속 인터페이스

기술관련 주요 이미지



2. 천문연에서 개발한
10,000 fps 속도의
샹크트만 광파면센서

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
마이크로렌즈 어레이	보유	응용연구
고감도 센서	보유	기초연구
초고속 인터페이스	보유	개발연구

기술의 활용성

- 적응광학 시스템의 대기 왜란과 광학계 수차 측정에 활용
- 정밀 광파면 측정이 가능하여 다양한 광학 측정 장비에 활용
- 사람의 눈의 왜곡 측정이 가능하여 검안기, 레이저 시술기 등 의료 분야에 활용

기술 담당자

천문우주기술센터 | 최성환 | shchoi@kasi.re.kr

5.3. 실시간 컨트롤러

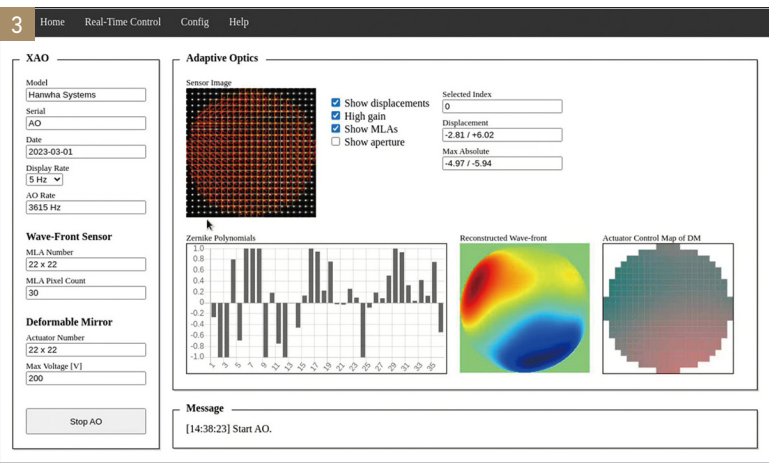
기술 개요

광파면 센서로부터 파면 정보를 수집하고 고속조향거울과 변형거울을 제어하기 위해서는 적응광학 시스템의 브레인에 해당하는 실시간 컨트롤러(Real-Time Controller)가 필요하다. 고속 인터페이스와 고속 연산을 위해서는 전통적으로 DSP 또는 FPGA가 많이 활용되었다. 그러나 최근에는 빅데이터 기술의 발전으로 인해 CPU 기반의 실시간 분석 처리 기술이 많이 연구되고 있다. 이는 DSP와 FPGA에 비해 기술 개발의 유연성을 가질 수 있으면 개발 과정에서 오류 분석과 해결이 매우 용이한 장점이 있다. 특히 하드웨어적인 확장으로 성능 향상이 가능한 확장형 실시간 컨트롤러(Scalable Real-Time Controller) 기술 구현이 가능하게 되었다. 또한 최근에는 CPU, GPU, FPGA를 복합적으로 활용한 하이브리드형(Hybrid) 실시간 컨트롤러 기술도 많이 연구되고 있다.

- 확장형 실시간 컨트롤러
- 하이브리드형 실시간 컨트롤러

기술관련 주요 이미지

3. 확장형 적응광학
시스템(Scalable Real-
Time Controller)



기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
확장형 실시간 컨트롤러	보유	개발연구
하이브리드형 실시간 컨트롤러	보유	기초연구

기술의 활용성

- 적응광학 시스템의 파면 분석과 제어를 위한 브레인 역할을 담당하는 실시간 컨트롤러로 활용
- 다수의 파면센서와 변형거울이 적용된 다중접합 적응광학(MCAO)에도 활용 가능
- 천문학과 국방 분야의 다양한 관측 시스템에 활용 가능

기술 담당자

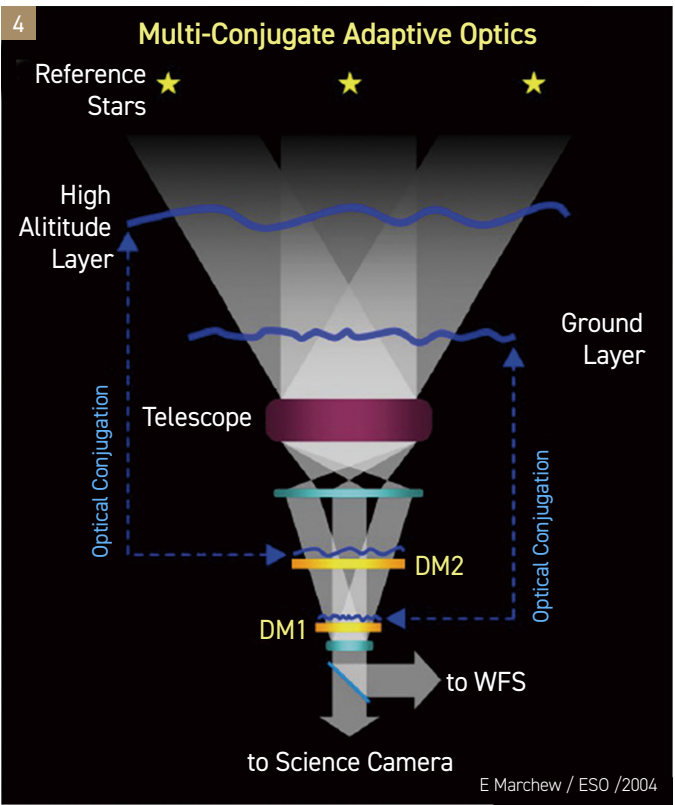
천문우주기술센터 | 최성환 | shchoi@kasi.re.kr

5.4. 다중접합 적응광학(MCAO)

기술 개요

적응광학 시스템은 일반적으로 파면 측정과 파면 보정의 유효 범위가 유효 빔의 중심에 집중되는 특징이 있다. 파면 측정과 파면 보정의 유효 범위 향상시키기 위해 여러 개의 광파면센서나 변형거울을 복합적으로 이용한 다중접합 적응광학(MCAO, Multi-Conjugate Adaptive Optics) 기술이 제안되어 국제적으로 많은 대형망원경에 적용되고 있다.

기술관련 주요 이미지



4. 다중접합 적응광학 원리

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
다중접합 적응광학	보유	기초연구

기술의 활용성

천문학과 국방 분야의 다양한 관측 시스템에 활용 가능

기술 담당자

천문우주기술센터 | 최성환 | shchoi@kasi.re.kr

6

임베디드 시스템

Embedded System

개요 및 중요성

임베디드 시스템은 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어가 결합된 형태로 특수한 목표를 수행하기 위해 설계된 신뢰성 있는 컴퓨터 시스템이다. 이러한 시스템은 다양한 분야에서 사용되며, 특히 우주 미션에서 극심한 발사 및 궤도 환경을 견디고 우주선의 핵심 시스템에 사용되어 미션 수행을 위해 필요한 데이터 수집, 처리, 제어 등의 작업을 수행한다. 임베디드 시스템에 탑재되는 소프트웨어는 우주 미션에서의 제한된 자원을 효율적으로 활용하고 높은 신뢰성과 안정성을 보장해야 한다. 임베디드 시스템은 신뢰성 있는 하드웨어와 소프트웨어 설계를 통해 예기치 않은 오류나 장애를 최소화함으로써 성공적인 우주 미션을 위해 필수적인 역할을 한다. 이러한 임베디드 시스템 개발 및 운영을 위해 임베디드 시스템의 데이터를 원격에서 처리하고 감시 및 분석하는 원격 제어 시스템이 필요하다. 원격 제어 시스템은 임베디드 소프트웨어 개발 및 시험 환경을 제공하고 소프트웨어 디버깅 및 수집 데이터 분석 기능을 통해 임베디드 시스템의 신뢰성과 안전성을 향상시킬 수 있다.

세부기술분야

- 6.1. 천문우주 종단(edge) 컴퓨팅 시스템
- 6.2. 임베디드 탑재 소프트웨어 어플리케이션
- 6.3. 원격 제어 소프트웨어 시스템

6.1. 천문우주 종단(edge) 컴퓨팅 시스템

기술 개요

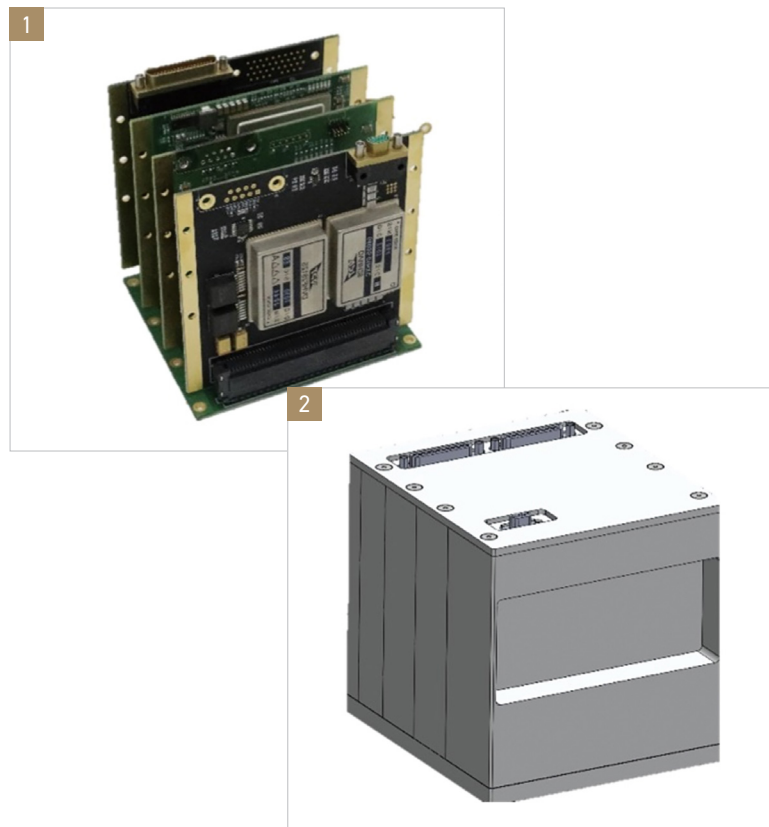
우주급 하이브리드 임베디드 시스템

- FPGA 소프트웨어 프로세서를 활용해 가격 대비 높은 계산 성능 달성
- 방사선 경화 하드웨어 아키텍처

확장 가능한 모듈형 주변기기 인터페이스 보드

- FPGA를 사용한 임베디드 시스템은 하드웨어 재구성이 가능하여 다양한 미션에서 유연한 활용이 가능
- MIL-STD-1553A/B, SpaceWire, CameraLink 등 인터페이스 보드 확장 가능

기술관련 주요 이미지



1. 우주용 모듈형 임베디드 컴퓨터
2. 우주용 임베디드 컴퓨터 외장

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
우주급 하이브리드 임베디드 시스템	개발중	실용화
확장 가능한 모듈형 주변기기 인터페이스 보드	개발중	실용화

기술의 활용성

- 방산/우주 및 산업용 온보드 컴퓨터
- 종단(edge) 컴퓨팅 단말

기술 담당자

천문우주기술센터 | 박종엽 | parkjy@kasi.re.kr

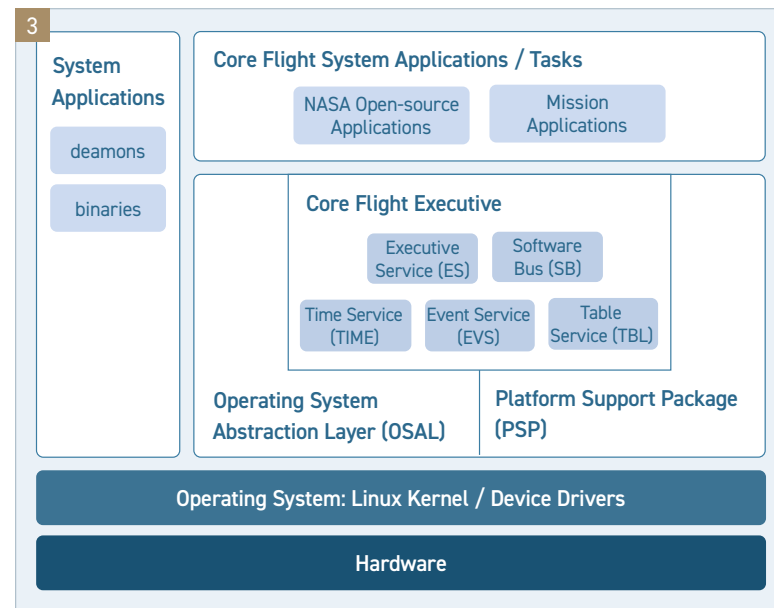
6.2. 임베디드 탑재 소프트웨어 어플리케이션

기술 개요

NASA core Flight System 기반 소프트웨어 어플리케이션

- 리눅스 기반 운영체제와 오픈소스 프로젝트를 활용해 임베디드 시스템에서의 명령 및 데이터 처리와 시스템 관리, 천문우주 분야 관측 데이터 파이프라인, 인공지능 어플리케이션 제품 라인 구축
- 관측 데이터를 수집하는 종단 장치인 임베디드 시스템에서 데이터를 처리하고 스스로 판단해 관측 효율성을 높이고 네트워크 사이의 통신 대기 시간을 줄임
- 런타임 실행 가능한 플러그인 소프트웨어 모듈
- 다양한 임베디드 시스템 탑재 가능

기술관련 주요 이미지



3. NASA core Flight System 기반 소프트웨어 아키텍처

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
NASA core Flight System 기반 소프트웨어 어플리케이션	개발중	실용화

기술의 활용성

- 방산/우주 및 산업용 임베디드 소프트웨어
- 인공위성 비행소프트웨어 및 지상 시험 장비
- 자율 주행 및 반도체 검사 장비 등 컴퓨터 비전 어플리케이션

기술 담당자

천문우주기술센터 | 박종엽 | parkjy@kasi.re.kr

6.3. 원격 제어 소프트웨어 시스템

기술 개요

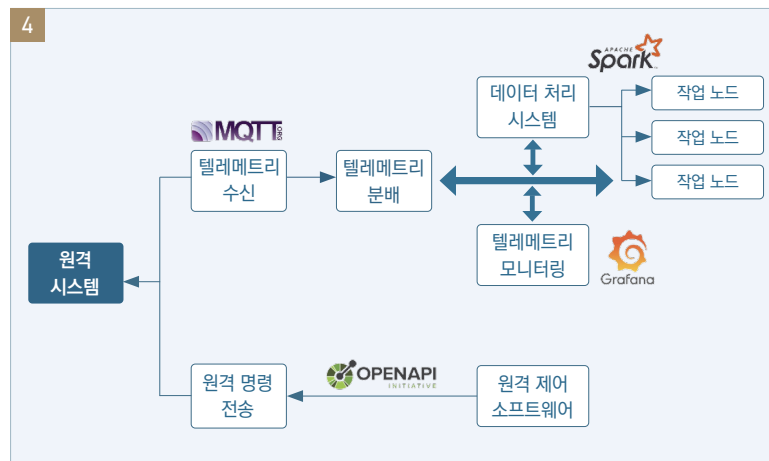
원격 명령 및 텔레메트리 처리 시스템

- 사물인터넷 어플리케이션 계층에서 임베디드 시스템 운영을 위한 원격 명령 전송 및 텔레메트리 모니터링 소프트웨어 활용 가능
- 웹 기반 명령 전송 시스템 및 버스 네트워크 기반 텔레메트리 분배 시스템으로 구성
- OpenAPI를 사용한 웹 기반 미션 운영 소프트웨어 개발이 용이함

데이터 스트리밍 프로세싱

- Spark 기반 실시간 텔레메트리 처리 및 인공지능 어플리케이션 전개가 가능

기술관련 주요 이미지



4. 원격 제어 소프트웨어 시스템 구성도

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해 기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증 연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증 유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연 상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
원격 명령 및 텔레메트리 처리 시스템	개발중	실용화
데이터 스트리밍 프로세싱	개발중	응용연구

기술의 활용성

- 방산/우주 및 산업용 원격 제어 시스템
- 원격 감시 및 관제 시스템

기술 담당자

천문우주기술센터 | 박종엽 | parkjy@kasi.re.kr

7

데이터 시스템/ 데이터 센터

Data System/Data Center

개요 및 중요성

데이터 시스템은 데이터 저장 및 활용을 위한 시스템으로 모든 종류의 컴퓨터, 서버, 스토리지, 네트워크 시스템, 데이터베이스, 웹서비스, 소프트웨어 등을 포함한다. 천문우주 분야에서는 방대한 다양한 종류의 데이터가 존재하며, 이는 과학연구의 근간이 된다. 때문에 방대한 양의 데이터를 효율적으로 관리하고 다양한 활용 방안을 제공하는 데이터 시스템/데이터 센터의 역할은 매우 중요하며, 천문우주 분야 데이터의 특성을 반영한 시스템이 필요하다. 여기서는 데이터 시스템 및 데이터 센터를 구축하고 운영하는 데 필요한 기술들에 대해 설명한다.

세부기술분야

- 7.1. 데이터 정책
- 7.2. 데이터 시스템 구축
- 7.3. 데이터 파이프라인
- 7.4. 인공지능/머신러닝을 활용한 영상 분석

7.1. 데이터 정책

기술 개요

데이터 생태계(Data Environment/Ecosystem)

- 데이터를 효과적으로 관리하기 위한 체계
- 데이터의 생성부터 관리, 활용 등 데이터 전주기와 관련한 모든 요소들 (데이터 아카이브, 컴퓨팅 자원, 데이터 관리 기관, 데이터 연구자, 연구 커뮤니티 등)

데이터 표준

- 천문우주 분야에서 일반적으로 사용하는 데이터의 포맷, 형식 (FITS, PDS, CDF, XML, NetCDF 등)

아카이브 범위 및 단계

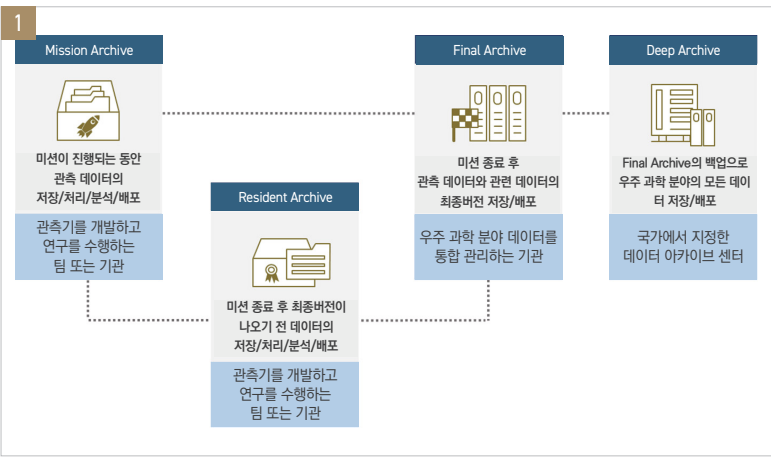
- 미션 진행 및 데이터 수준에 따른 데이터 아카이브 단계를 지정하고 체계적으로 데이터 시스템 운영

데이터 및 컴퓨팅 시스템 전략

- 천문우주 분야 데이터 관련 주요 주제인 빅데이터(big data), 클라우드 컴퓨팅(cloud computing), 오픈 사이언스(open science), 학제간 연구(interdisciplinary research)에 대한 전략 수립
- 데이터 자체에 대한 정책뿐만 아니라 데이터를 다루는 환경(컴퓨팅 자원, 소프트웨어 등)에 대한 정책도 포함

기술관련 주요 이미지

1. 운영 단계별 아카이브



기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
데이터 표준	개발중	응용연구
데이터 생태계 정의	개발예정	기초연구
아카이브 단계 정의	개발예정	기초연구
데이터 및 컴퓨팅 전략	개발중	응용연구

기술의 활용성

- 천문우주 데이터 전략 및 정책 수립
- 우주과학 데이터 센터 구축
- 과학 데이터 센터 체계 구축

기술 담당자

천문우주기술센터 | 백지혜 | jhbaek@kasi.re.kr

7.2. 데이터 시스템 구축

기술 개요

데이터 시스템 설계 기술

- 데이터 파이프라인 및 데이터 용량에 따른 아키텍처 설계
- 데이터의 민감도 및 용량, 운영 방법 등에 따른 온프레미스/클로케이션/클라우드 시스템 선택
- 무정전 전원 공급 장치(UPS) 및 백업 시스템

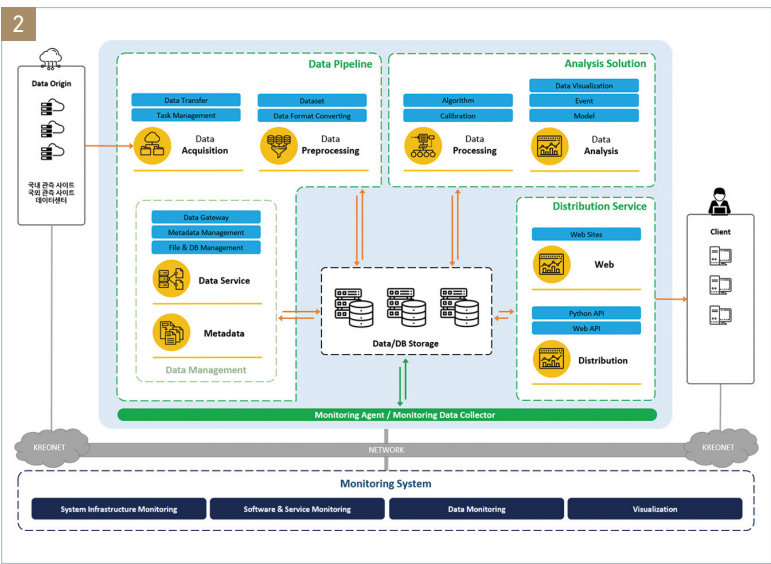
서버/스토리지/네트워크 시스템 구축 및 운영 기술

- 목적에 맞는 컴퓨팅 자원, 스토리지, 네트워크 시스템 선정 및 구성
- 다양한 플랫폼 활용 및 사용자 요구에 따른 서버 환경 제공

데이터 관리 기술

- 데이터 특성 및 사용자 활용 방법에 따른 파일 관리
- 데이터 수집/처리/분석/배포를 위한 소프트웨어 기능 및 관계 정의

기술관련 주요 이미지



2. 데이터 시스템 개념도

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
데이터 시스템 설계 기술	보유	실용화
시스템 구축 및 운영 기술	보유	실용화
데이터 관리 기술	보유	개발연구

기술의 활용성

과학 데이터 센터 및 아카이브 설계와 구축

기술 담당자

천문우주기술센터 | 백지혜 | jhbaek@kasi.re.kr

7.3. 데이터 파이프라인

기술 개요

데이터 전송 기술

- 사이트 간 또는 시스템 간 네트워크를 통해 데이터를 주고받는 기술
- Python API를 통한 HTTP, FTP, SFTP 등 다양한 프로토콜과 다양한 파일 포맷 지원
- 다량의 데이터(용량이 큰 단일 파일 또는 다수의 작은 용량 파일)를 끊임없이 안정적으로 전송

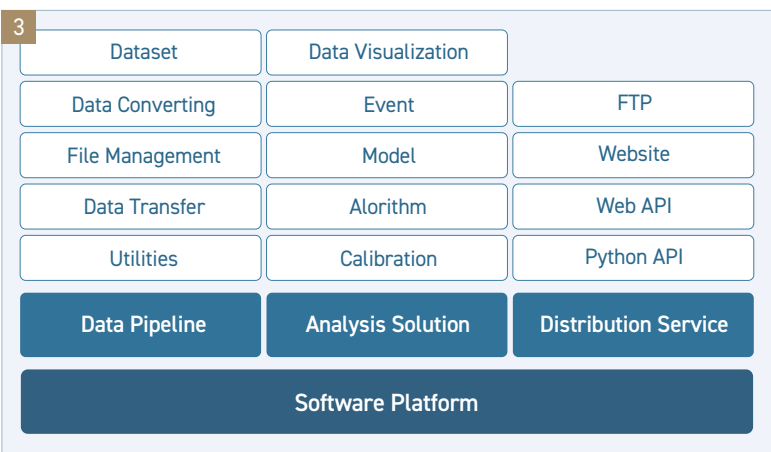
데이터 처리 및 분석 기술

- 다양한 형태의 과학 데이터를 목적에 따라 처리하고 분석할 수 있는 기술
- 수치해석(numerical analysis), 과학계산(scientific computing), 병렬컴퓨팅(parallel programing), 이미지 처리(image processing), 가시화(visualization), 인공지능(artificial intelligence) 및 빅데이터 기술을 활용한 데이터 처리 및 분석 소프트웨어 개발 기술

데이터 배포 기술

- 데이터 시스템에 있는 데이터를 사용자에게 제공하는 기술
- 네트워크 프로그래밍, 웹 접근성, 검색 엔진, 데이터베이스 쿼리
- 기술을 기반으로 한 웹 API 및 Python API 등 다양한 데이터 배포 방법 제공

기술관련 주요 이미지



3. 소프트웨어 계층도

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
데이터 전송 기술	보유	개발연구
데이터 처리 및 분석 기술	보유	실용화
데이터 배포 기술	보유	개발연구

기술의 활용성

- 다양한 프로토콜을 활용한 데이터 전송 시스템 구축
- 우주, 국방, 바이오, 산업계 등 여러 분야의 실시간 데이터 처리 및 분석 시스템 구축
- 데이터 접근성을 높이기 위한 웹서비스, API, 툴 개발

기술 담당자

천문우주기술센터 | 백지혜 | jhbaek@kasi.re.kr

7.4. 인공지능/머신러닝을 활용한 영상 분석 기술

기술 개요

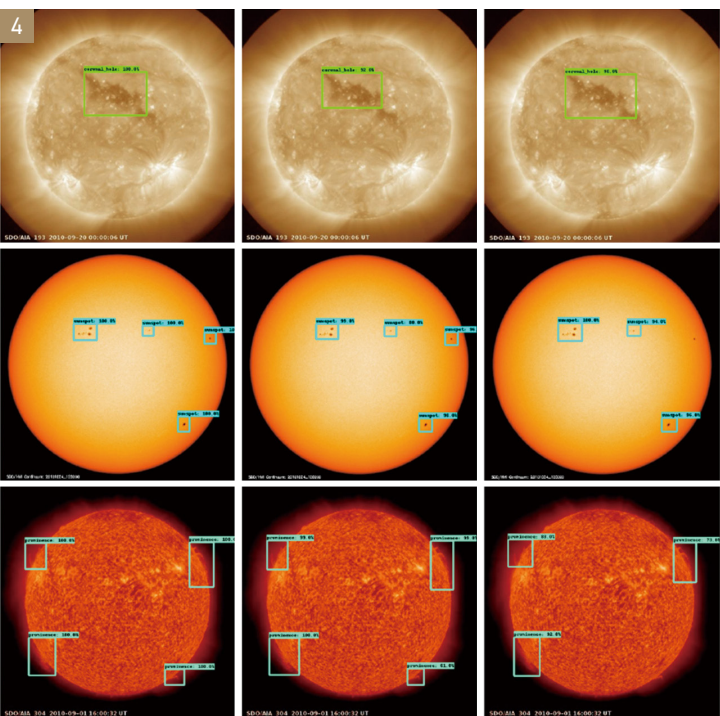
학습 데이터 생성 기술

- AI/ML 프로젝트에서 가장 중요한 학습 데이터 세트를 생성하는 기술
- 영상 데이터 특성과 학습하고자 하는 알고리즘에 따른 학습 데이터 생성 방법 및 단계 제안
- 이미지 주석(Annotation), 데이터 라벨링(Labeling), 데이터 증강(Data Augmentation) 등 데이터 전처리 기술

알고리즘 선정 및 학습 기술

- 목표에 맞는 AI/ML 알고리즘을 선정하고 적절한 학습 파라미터를 찾아서 모델을 학습하는 기술
- 이미지 분류(Classification), 객체 인식(Object Detection), 이미지 분할(Segmentation), 이미지 생성(Generative Adversarial Networks), 노이즈 제거(Denoising) 등 목적에 따른 알고리즘 선정 기술

기술관련 주요 이미지



4. 객체 인식 알고리즘을 활용한 태양 이벤트 자동 추출 모델 결과 (Baek et al. 2021, Solar Physics)

기술 주요 특성

기술개발 단계

기초연구	기본원리 이해
	기술개념 및 응용분야 확립
응용연구	분석과 실험을 통한 기술개 념 검증
	연구실 환경에서 구성요소 검증
개발연구	유사 환경에서 구성요소 검증
	유사 환경에서 시제품 개발
실용화	실제 운영 환경에서 시스템 시제품 시연
	상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

하위요소 기술

기술명	보유여부	기술수준
학습 데이터 생성 기술	보유	응용연구
알고리즘 선정 및 학습 기술	보유	응용연구
모델 개발 기술	보유	응용연구

기술의 활용성

- 태양 이미지 분석을 통한 우주환경 예경보 시스템
- 우주, 국방, 바이오, 산업계 등 이미지 데이터를 활용하는 다양한 분야에서 객체 검출, 분류 등의 딥러닝 모델 개발

기술 담당자

천문우주기술센터 | 백지혜 | jhbaek@kasi.re.kr

약어 목록

AC	Alternating Current
ADC	Analog-to-Digital Converter
ADEX	Atmospheric Drag Experiment for very low Earth satellite
AFM	Atomic Force Microscope
AI	Artificial Intelligence
API	Application Programming Interface
ATHENA	Aurora and Thermosphere: Energetics, Neutrals and Atmosphere
CCD	Charge-Coupled Device
CDF	Common Data Format
CGH	Computer Generated Hologram
CLPS	Commercial Lunar Payload Services
CMM	Coordinate Measurement Machine
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
COBE	Cosmic Background Explorer
CODEX	Coronal Diagnostic Experiment
CPU	Central Processing Unit
DC	Direct Current
DoP	Degree of Polarization
DSP	Digital Signal Processor
ESA	European Space Agency
EPR	Einstein-Podolsky-Rosen
EUV	Extreme Ultraviolet
FITS	Flexible Image Transport System
FIR	Far Infrared
FPGA	Field Programmable Gate Array
FSW	Flight Software
FTP	File Transfer Protocol
G-CLEF	Giant Magellan Telescope-Consortium Large Earth Finder
GIRMOS	Gemini Infrared Multi-Object Spectrograph
GPU	Graphics Processing Unit
GMTNIRS	Giant Magellan Telescope Near-Infrared Spectrograph
GSW	Ground Software
HTTP	Hypertext Transfer Protocol

IDHU	Image Data Handling Unit
IGRINS	Immersion Grating Infrared Spectrometer
IP	Intellectual Property
IR	Infrared
KAGRA	Kamioka Gravitational Wave Detector
KASI	Korea Astronomy and Space Science Institute
KASINICS	KASI Near-Infrared Camera System
K-DRIFT	KASI-Deep Rolling Imaging Fast-optics Telescope
KMTNet	Korea Microlensing Telescope Network
KPLO	Korea Pathfinder Lunar Orbiter
LIGO	Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory
LIGRESS	Long-slit Immersion GRating Echelle Spectrograph for Survey
LUVOIR	Large Ultraviolet Optical Infrared Surveyor
LWIR	Long Wave Infrared
MCAO	Multi-Conjugate Adaptive Optics
ML	Machine Learning
MWIR	Mid Wave Infrared
NAOJ	National Astronomical Observatory of Japan
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIR	Near Infrared
NxSWON	Next Generation Space Weather Observational Network
OBC	Onboard Computer
PCI	Photo-thermal Common-path Interferometry
PDA	Planetary Data Archive
PDS	Planetary Data System
PSM	Point Source Microscope
QE	Quantum Efficiency
RF	Radio Frequency
ROKITS	Republic of Korea Imaging Test System
SEM	Scanning Electron Microscope
SFTP	Secure File Transfer Protocol
SWIR	Short Wave Infrared
TIF	Tool Influence Function
UPS	Uninterruptible Power Supply System
UV	Ultraviolet
WISER	Wide-field Solar EUV Imager
XML	Extensible Markup Language

찾아보기

IV

찾아보기

1	원격 관측기	
	1.1. 영상 카메라 플랫폼	22
	1.2. 픽셀분리형 편광카메라	24
	1.3. 적외선 영상 센서	26
	1.4. 극자외선 영상 센서	28

2	분광 관측기	
	2.1. 고분산 분광기 (적외선)	32
	2.2. 분광소자 측정기술	34
	2.3. 소형 분광기 기술	36

3	중력파 검출기	
	3.1. 양자조임기술	40
	3.2. 필터 공동기 양자조임기술	42
	3.3. EPR 양자조임 기술	44
	3.4. 모드 매칭 기술	46
	3.5. 시험 질량체 성능평가 기술	48
	3.6. 양자조임상태 측정 기술	50

4

광학시스템

4.1. 자유곡면 향상 광학계 설계 기술	54
4.2. 고해상도 망원경용 경량 반사경 소재 개발기술	57
4.3. 신소재 경면 가공 및 측정 기술	60
4.4. 광학시스템 조립/정렬/평가기술	63
4.5. 동일위상 구현 및 제어 기술	66
4.6. 경량 대구경 조각거울 기술	68

5

적응광학

5.1. 적응광학 M&S (Modeling & Simulation)	72
5.2. 광파면 센서	74
5.3. 실시간 컨트롤러	76
5.4. 다중접합 적응광학(MCAO)	78

6

임베디드 시스템

6.1. 천문우주 종단(edge) 컴퓨팅 시스템	82
6.2. 임베디드 탑재 소프트웨어 어플리케이션	84
6.3. 원격 제어 소프트웨어 시스템	86

7

데이터 시스템 / 데이터 센터

7.1. 데이터 정책	90
7.2. 데이터 시스템 구축	92
7.3. 데이터 파이프라인	94
7.4. 인공지능/머신러닝을 활용한 영상 분석	96

