

중소기업 기술협력 및 성과확산

(Technology Collaboration and Outcome Distribution
for Small and Medium Enterprise)

2017. 1.

↑

제 출 문

한국천문연구원장 귀하

이 보고서를 "중소기업 기술협력 및 성과확산"과제(세부과제 “중소기업 기술협력센터운영, 중소기업 시드형 기술개발 과제, 초고속 자료 전송 및 저장 시스템, 광파면 측정 개발, 개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템개발에 관한 연구”)의 보고서로 제출합니다.

2017. 1.

주관연구기관명 : 한국천문연구원

주관연구책임자 : 남옥원

연구원 : 강용우, 김광동, 김영수, 김지현,
" : 나자경, 박성준, 백지혜, 송민규,
" : 양홍진, 염재환, 유영삼, 이다교,
" : 이대희, 이재진, 정문희, 제도홍,
" : 최병규, 최성환, 한정열

협동연구기관명 : (주)제릭스, (주)그린광학,
(주)에스이티시스템

협동연구책임자 : 홍향숙, 김진호, 노진철

연구원 : 이주연

보고서 요약서

과제고유번호	2016181005	해당단계 연구기간	2016.01.01~ 2016.12.31.	단계구분	1/1
연구과제명	대과제명	천문우주 연구지원			
	과제명 (중과제)	중소기업 기술협력 및 성과확산			
연구책임자	남옥원	해당단계 참여 연구원수	총 : 24명 내부 : 18명 외부 : 2명 기업 : 4명	해당단계 연구비	정부 : 544,000천원 기업 : 65,000천원 계 : 609,000천원
		총연구기간 참여 연구원수	총 : 24명 내부 : 18명 외부 : 2명 기업 : 4명	총연구비	정부 : 544,000천원 기업 : 65,000천원 계 : 609,000천원
연구기관명 및 소속부서명	중소기업협력센터		참여기업명	(주)제릭스 (주)그린광학 (주)에스티시스템	
국제공동연구	상대국명 : 상대국연구기관명 :				
위탁연구	연구기관명 : 연구책임자 :				
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	
o 중소기업을 지원하기 위한 ‘중소기업 기술협력 및 성과확산’의 중과제임 o 5개의 세부과제가 있음 1. 중소기업 기술협력센터운영 2. 중소기업 시드형 기술개발 과제 3. 초고속 자료 전송 및 저장 시스템 4. 광파면 측정기 개발 5. 개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템개발					
색인어 (각 5개 이상)	한글	중소기업; 패밀리기업; 기술이전; 시드형 과제; 기기개발			
	영어	Small & Medium Business; Family company; Technology transfer; Seeds project; Instruments development			

요 약 문

I. 제목: 중소기업 기술협력 및 성과확산" (중과제)

- 세부과제 1. 중소기업 기술협력센터운영
2. 중소기업 시드형 기술개발 과제
3. 초고속 자료 전송 및 저장 시스템
4. 광파면 측정기 개발
5. 개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

II-1. 중소기업 기술협력센터운영

- KASI 테크노닥터 운영을 통한 중소기업기술 자문 및 애로기술 해결
- KASI 패밀리기업 운영을 통한 기업수요형 공동 기술개발 사업
- 테크노닥터-패밀리 기업 중심 기술교류회
- 시드형 과제 발굴

II-2. 중소기업 시드형 기술개발 과제

- 기업수요형 공동기술개발
 - 시드형 과제 발굴
 - 중소기업 기술지원 R&D 육성사업

II-3. 초고속 자료 전송 및 저장 시스템

- 초고속 자료 전송과 자료 저장 솔루션 기술에 어려움을 가지고 있는 제조사의 기술 수요
- 새로운 데이터 입출력 기술을 기반으로 하는 '초고속 자료 전송 및 저장 시스템' 기술을 개발

II-4. 광파면 측정기 개발

- 산업현장에서 활용할 수 있는 삭-하트만 방식의 광파면 측정기 개발
 - 광파면 측정기술은 광학가공 및 시스템 개발에 있어 반드시 확보해야할 제품 생산의 핵심기술
- 이런 활용상의 어려움을 극복하기 위해
 - 상대적으로 넓은 파면측정범위를 갖는 측정기술의 개발
 - ㈜그린광학의 R&D 개발 수요에 대응
 - 측정 범위가 넓은 삭-하트만 방식의 광파면 측정기를 개발.

II-5. 개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템개발

- 최종목표
 - 개방형 하드웨어 기반의 검안기 플랫폼 선정
 - 표준 인터페이스 모듈 개발
 - 검안기 소프트웨어 플랫폼 초기버전 개발
 - 검안기 영상처리엔진 초기버전 개발

○ 필요성

- 검안기 부품이 단종되거나 업그레이드되어도 대응이 가능하도록 개발 효율성과 생산성이 높은 하드웨어 인터페이스 표준화가 필요함
- 검안기 소프트웨어의 계층별 표준화를 통해 인력의 효율적인 활용이 가능하도록 하여 연구 개발 비용을 줄일 필요가 있음

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

Ⅲ-1. 중소기업 기술협력센터운영

- 연구원 보유기술 발굴, 기술이전 기획 및 지원
- 기술사업화 중장기 로드맵 작성을 통해 실천
- 8개 이상의 패밀리기업 운용을 통한 원천기술 공동개발
- 연 2회 이상의 테크노닥터-패밀리 기업 중심 기술교류회

Ⅲ-2. 중소기업 시드형 기술개발 과제

- 연구원 보유기술 발굴, 기술이전 기획 및 지원
- KASI 테크노닥터 운영을 통한 시드형 기술개발 및 중소기업애로기술 지원
- 기술이전형 사업 R&BD 지원

Ⅲ-3. 초고속 자료 전송 및 저장 시스템

- 10G Ethernet을 사용한 자료 전송 인터페이스 모듈 개발
 - 10G 통신 구조 분석 및 펌웨어 제작
 - 사용자 입력 데이터에 대한 10G 루프백 실험
 - 10G 모듈 제어부분에 대한 하드코딩
 - Nios Shell을 이용한 Script 기반 -> SDK를 이용한 하드코딩 개발
- PCI Express 기반의 자료저장 장치 구축 및 전용 고속 실시간 자료 저장 SW 개발
 - VDIF 기반 VLBI 데이터 기록을 위한 프로그램 개발
 - 차세대 NVMe 인터페이스 기반의 스토리지 설계
 - SAS 4포트 규격 Raid 카드 환경에서 기록 성능 실험
 - HDD 대신 SSD 장착 및 이를 통한 스토리지 경량화, 고속화 실험

Ⅲ-4. 광파면 측정기 개발

- 저잡음 영상센서를 활용한 측정센서 (H/W) 구성
- 삭-하트만 센서용 파면 복원 알고리즘 구현
 - 지역 파면 복원
 - 모드 파면 복원
- 측정 결과의 3차원 가시화 및 측정 결과 출력
 - OpenGL을 이용한 3차원 가시화
 - 측정결과 출력(PV, RMS)
- 사용자 측정 환경 구현

Ⅲ-5. 개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템개발

- 검안기 영상처리 시스템 개발
- 하드웨어 인터페이스 표준화
- 소프트웨어의 계층별 표준화

IV. 연구개발결과

IV-1. 중소기업 기술협력센터운영

- R&BD 전주기를 전담하는 기술전담조직 운영
- 중소기업기술협력 및 운영을 통한 전문기술의 기술사업화

IV-2. 중소기업 시드형 기술개발 과제

- KASI 패밀리기업 운영을 통한 기업수요형 공동기술개발사업을 위한 시드형 과제 발굴

IV-3. 초고속 자료 전송 및 저장 시스템

본 연구를 통해 10Gbps 급의 UDP 패킷 전송 및 저장 시스템을 독자적으로 개발하였다.

- 자료 전송 기능 구현
- 자료 저장 장치 구현

IV-4. 광파면 측정기 개발

- 광파면 측정기 하드웨어 구현
- 측정 소프트웨어 구현

IV-5. 개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템개발

- 개방형 하드웨어 기반의 검안기 플랫폼 선정
 - 마이크로 프로세서 기반의 Raspberry PI 3 B 모델 선정
- 표준 인터페이스 모듈 개발
 - 검안기 표준 인터페이스 보드 개발
 - 카메라 인터페이스 보드 개발
- 검안기 소프트웨어 플랫폼 초기버전 개발
 - 검안기 소프트웨어 플랫폼의 이미징 라이브러리 개발
 - 프로그램 등록 1건
- 검안기 영상처리엔진 초기버전 개발
 - 배경 영상 제거 방식으로 검안기 영상처리 엔진 개발
 - 특허출원 1건

V. 연구개발결과의 활용계획

V-1. 중소기업 기술협력센터운영

- 한국전문연구원의 노하우/특허 기술의 기술사업화 확대
- 중소 중견기업 수요기반 원천기술 개발 R&D 강화

V-2. 중소기업 시드형 기술개발 과제

- KASI 패밀리기업 운영을 통한 기업수요형 공동기술개발사업으로 연계
- 육성사업의 일환으로 기술이전형 R&BD 사업 지원

V-3. 초고속 자료 전송 및 저장 시스템

- 본 사업에서 개발한 ‘초고속 자료 전송 및 저장 시스템’ 기술은, 관련 기술 특허출원 내용과 함께, 기업에 기술이전을 준비하고 있음.
- 과제를 통해 개발된 대용량 자료처리에 특화된 다양한 과학적 자료를 다룰 수 있는 10G Ethernet 인터페이스 모듈 기술과 PCI Express 기반의 자료저장 기술은 대용량 자료 처리에 있어 새로운 기술 주도권 확보가 용이하므로, 다양한 고부가가치 장비 분야에 응용이 가능할 것으로 기대
- 이로부터 얻어진 기술과 노하우는 향후 다양한 대용량 고속 서버 분야로 확산 기대

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는
연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

V-4. 광파면 측정기 개발

- 중·대형 광학계의 조립 및 정렬
- 개발된 파면측정 기술의 파면측정 기술 지원

V-5. 개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템개발

- 본 사업에서 수행한 ‘검안기 소프트웨어 플랫폼 개발’과 ‘검안기 영상처리 엔진 개발’ 에서
검안기 소프트웨어 플랫폼의 초기 버전을 확장하여 ‘이미징 프레임워크 V 1.0’ 프로그램을 등록하
였으며 관련 기술은 ‘연구소기업’ 설립 시 활용하였음. 또한 검안기 영상처리 기술에 대한 특허출
원 내용은 한 기업에서 신제품에 적용하기로 합의하였으며 관련 기술의 적용을 위한 기술적 협의
가 진행되고 있는 등, 기술사업화에 활용하고자 함.

SUMMARY

I. Title: Technology Collaboration and Outcome Distribution for Small and Medium Enterprises (SME)

- Sub-projects title
 1. Managements of the SME Collaboration Center
 2. Seed projects of technology development for SME
 3. High speed data transfer & recording system
 4. Development of Device for Measuring Optical Wavefront
 5. Imaging System of RefKreatometer based-on Open Source Hardware

II. Project goals and objectives

II-1. Managements of the Center for SME Partnership

- Advise and bottleneck technique support through the management of KASI Techno-Doctors
- Cooperation R&D development with KASI Family Enterprise
- Seed project and technology supporting R&D for collaboration projects needed by companies

II-2. Seed projects of technology development for SME

- Collaborative technology developments of enterprise needs
 - Seed projects
 - Research and developments for SME technology support

II-3. High speed data transfer & recording system

- Technology needs of manufacturers for the high speed data transfer and storage
- Development of new technology of data in and out

II-4. Development of Device for Measuring Optical Wavefront

- Implement of Device for Measuring Optical Wavefront
 - Construction of hardware of wavefront measuring device
 - Implement of algorithm for wavefront reconstruction
 - Implement of metrology software for wavefront measuring device

II-5. Imaging System of RefKreatometer based-on Open Source Hardware

- Imaging System Development for Refkreatometer applying Standardization of Hardware Interface and Software classes
 - An enterprise demand R&D project selection of Center for Small and Medium Enterprise Partnership with Requirement from Refkreatometer Manufacturing Company which seeks a solution of image processing
 - Standardization of hardware helps improve development efficiency, increase the productivity and cost savings.
 - Layer standardization of Software helps optimize manpower utilization and R&D cost savings.

III. Workscope and research works

III-1. Managements of the Center for SME Partnership

- Excavate possessed techniques in KASI
- Planning of technology transfer and support
- Commit long-term plan for technology to business
- Eight or more cooperation R&D developments with KASI Family Enterprise
- Two technology workshop for the Family enterprises with the Techno-doctors

II-2. Seed projects of technology development for SME

- Advise and bottleneck technique support through the management of KASI Techno-Doctors
- Seed projects and technology supports
- Collaborative technology developments of enterprise needs

III-3. High speed data transfer & recording system

- Development of a data transfer interface module for 10G ethernet
- Establishment of a data storage device based on PCI Express
- Software development of high speed real-time data storage

III-4. Development of Device for Measuring Optical Wavefront

- Construction of hardware of wavefront sensing device using low noise image sensor
- Implement of wavefront reconstruction algorithm for Shack-Hartmann wavefront sensing device
 - Zonal wavefront reconstruction
 - Modal wavefront reconstruction
- Visualization and output of data measured from wavefront sensing device
 - 3D visualization of measured data using OpenGL
 - Output of measured data (PV, RMS)

III-5. Imaging System of RefKreatometer based-on Open Source Hardware

- Selection of Refkreameter Platform based-on Open Source Hardware
- Development of Standard Interface Module
- The Early Version Development of the Software Platform for Refkreameter
- The Early Version Development of the Image Processing Engine for Refkreameter

IV. Results

IV-1. Managements of the Center for SME Partnership

- Operate a technology team for the whole cycle of R&BD development
- Technology to business of Astronomical techniques by SME collaborations

IV-2. Seed projects of technology development for SME

- Managed the KASI family enterprises
- Operated collaborating development projects for enterprise technology needs
- Promote seed technology and projects

IV-3. High speed data transfer & recording system

- A UDP packet transfer and storage system of 10 Gbps level is developed

independently

- Data transfer & data storage functions realized

IV-4. Development of Device for Measuring Optical Wavefront

- Implement of wavefront sensing device
- Implement of metrology software for wavefront sensing device

IV-5. Imaging System of RefKreatometer based-on Open Source Hardware

- Selection of Refkreameter Platform based-on Open Source Hardware
 - Selection of Raspberry PI 3 B Model based-on Microprocesser
- Development of Standard Interface Module
 - Development of Standard interface board for Refkreameter
 - Development of Camera Interface board
- The Early Version Development of the Software Platform for Refkreameter
 - Development of Imaging Library for Refkreameter Software Platform
 - 1 S/W Registration
- The Early Version Development of the Image Processing Engine for Refkreameter
 - Development of the Imaging Processing Engine for Refkreameter using Background Image Rejection Method
 - 1 Patent Application

V. Applications

V-1. Managements of the Center for SME Partnership

- Expand the business cases for the technology of KASI knowhow & patents
- Enforce technology R&D requested by SME needs

V-2. Seed projects of technology development for SME

- Connect operation of the family enterprise to collaborative development projects
- Support R&BD projects for technology transfer

V-3. High speed data transfer & recording system

- Prepare technology transfer to an enterprise together with a patent
- Expect various applications of the developed techniques
 - 10G Ethernet interface module
 - PCI Express data storage technique

V-4. Development of Device for Measuring Optical Wavefront

- Assemble and alignment for middle or large aperture telescopes
- Utilization of developed wavefront sensing technology for small/middle enterprises

V-5. Imaging System of RefKreatometer based-on Open Source Hardware

- Based on the establishment of a research enterprise
- The patent will be applied to a new product for an enterprise

CONTENTS

1. Outline of research.....	12
2. Related technology developments.....	15
3. Research works and results.....	19
4. Achievement and contributions.....	23
5. Possible applications and benefits.....	27
6. References.....	29
7. Details of sub-projects.....	30
7.1 Managements of the SME Collaboration Center.....	30
7.2 Seed projects of technology development for SME.....	51
7.3 High speed data transfer & recording system.....	86
7.4 Development of Device for Measuring Optical Wavefront.....	97
7.5 Imaging System of RefKreatometer based-on Open Source Hardware.....	114

목 차

제1장 연구개발과제의 개요	12
제2장 국내외 기술개발 현황	15
제3장 연구개발 수행내용 및 결과	19
제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	23
제5장 연구개발결과의 활용계획	27
제6장 참고문헌	29
제7장 세부과제 내용	30
7.1 중소기업 기술협력센터운영	30
7.2 중소기업 시드형 기술개발 과제	51
7.3 초고속 자료 전송 및 저장 시스템	86
7.4 광파면 측정기 개발.....	97
7.5 개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템개발	114

제1장 연구개발과제의 개요

1. 중소기업 기술협력센터운영

□ 연구개발 목표

- KASI 테크노닥터 운영을 통한 중소기업기술자문 및 애로기술해결
- KASI 패밀리기업 운영을 통한 기업수요형 공동기술개발사업 지원

□ 연구개발 내용

- 연구원 보유기술 발굴, 기술이전 기획 및 지원
 - 기술사업화 중장기 로드맵 작성을 통해 실천
 - 기업공감 원스톱서비스를 통한 기업 애로기술 지원
 - 연구장비공동 활용 지원
 - 기술이전지원 및 기업 육성을 위한 테크노닥터-패밀리 기업 중심 기술교류회 개최 지원
 - 기업수요형 공동기술개발사업을 위한 시드형 과제 발굴 및 기술지원 R&D 육성사업
- 기대효과
- 한국천문연구원의 노하우/특허 기술의 기술사업화 확대
 - 연구장비 공동활용 확대
 - KASI 패밀리기업 운영을 통한 기업수요형 공동기술개발사업으로 연계
 - 육성사업의 일환으로 기술이전형 R&BD 사업 지원
 - 한국천문연구원의 노하우/특허 기술의 기술사업화 확대
 - 중소 중견기업 수요기반 원천기술 개발 R&D 강화
 - 기술 수요에 기반한 기술-중소기업 매칭
 - 천문 우주관련 기술 네트워크 활성화를 통한 open-innovation 구현

2. 중소기업 시드형 기술개발 과제

□ 연구개발 목표

- 기업수요형 공동기술개발사업을 위한 시드형 과제 발굴 및 기술지원 R&D 육성

□ 연구개발 내용

- 연구원 보유기술 발굴, 기술이전 기획 및 지원
 - 가. 우주방사선을 모니터링하는 검출기 (TEPC, Tissue Equivalent Proportional Counter)의 양산형 기술을 확보를 통한 기술사업화 지원
 - 나. 패치형 안테나의 설계 및 제작
 - 패치형 안테나를 이용한 소형 물체 검출 시스템 프로토타입 제작
 - 다. 적응광학 기술
 - Optical Society of America 학회 참여로 적응광학 기술의 최신 동향 파악
 - CGH를 활용한 적응광학 시스템 정렬과 평가 방법 검토
 - Hologram을 사용한 변형 거울 대체 여부 분석
 - 라. 탄소섬유 미러 개발

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는
연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

- 탄소섬유 미리 제작을 위한 원기 제작
- 니켈 도금 방법 연구개발
- KASI 테크노닥터를 통한 시드형 기술개발 및 중소기업 애로기술 지원
 - 기대효과
- KASI 패밀리기업 운영을 통한 기업수요형 공동기술개발사업으로 연계
- 육성사업의 일환으로 기술이전형 R&BD 사업 지원
- 국산화를 통한 중소기업 지원
 - 가. TEPC검출기의 양산형 기술을 확보하여 사업화 지원
 - 나. 패치형 안테나를 이용한 소형 물체 검출 시스템 상용 모델을 양산하여 기술이전 사업화 지원.
 - 다. 적응광학계를 이용하여 기존 광학시스템의 성능을 향상을 통한 원천기술 확보 및 의료 및 안광학 기업 기술지원
 - 라. 가볍고 단단한 탄소섬유 미리를 우주용과 지상용 망원경에 활용

3. 초고속 자료 전송 및 저장 시스템

○ 목적 및 필요성

본 과제는 초고속 자료 전송과 자료 저장 솔루션 기술에 어려움을 가지고 있는 제조사의 기술 수요에 따라 중소기업지원센터의 기업수요형 R&D 사업으로 선정되어 진행되었다. 이에 새로운 데이터 입출력 기술을 가반으로 하는 '초고속 자료 전송 및 저장 시스템' 기술을 개발하게 되었다.

○ 연구 범위

- 가. 10G Ethernet을 사용한 자료 전송 인터페이스 모듈 개발
 - 10G 통신 구조 분석 및 펌웨어 제작
 - 사용자 입력 데이터에 대한 10G 루프백 실험
 - 10G 모듈 제어부분에 대한 하드코딩
 - Nios Shell을 이용한 Script 기반 -> SDK를 이용한 하드코딩 개발
- 나. PCI Express 기반의 자료저장 장치 구축 및 전용 고속 실시간 자료 저장 SW 개발
 - VDIF 기반 VLBI 데이터 기록을 위한 프로그램 개발
 - 차세대 NVMe 인터페이스 기반의 스토리지 설계
 - SAS 4포트 규격 Raid 카드 환경에서 기록 성능 실험
 - HDD 대신 SSD 장착 및 이를 통한 스토리지 경량화, 고속화 실험

4. 광파면 측정기 개발

- 광파면 측정기 개발 과제의 연구범위는 광파면 측정기 하드웨어 구성, 파면측정 알고리즘 구현 그리고 측정결과를 가시화할 수 있는 소프트웨어 사용자 환경 구현임.
- 광파면 측정기의 구성은 다양한 활용이 가능하도록 빔분할기 중심으로 측정광원 및 광학 약세서리가 배치되며, 또한 활용 대상에 따라 적합한 영상센서가 사용할 수 있도록 파면 영상센서의 교체가 가능한 구조로 제작되었음.
- 미소렌즈배열을 이용한 삭-하트만 방식의 광파면측정기는 두 가지 방식(지역복원 및

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는
연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

모드복원)으로 파면복원을 구현되었음. 지역(zonal) 파면복원을 위해 오차전파가 가장 적은 것으로 알려진 Southwell 복원 알고리즘을 적용하였고, 모드(modal)파면복원은 Zernike 다항식을 이용한 다항식 fitting을 통해 파면을 복원하였음.

- 사용자 소프트웨어는 C 언어 기반의 개발자 환경에서 이루어졌으며, 측정된 파면은 3차원 영상으로 가시화하였고, 측정결과의 가시화를 위해 OpenGL를 사용하였음.
- 사용자 환경을 통해 영상센서 선택에 따른 설정값 변경, 미소렌즈의 기준 위치값 교정 등의 설정 기능을 수행하고, 가시화 기능을 통해 미소렌즈 영상의 변화 및 복원된 파면형상 정보들이 출력됨.

5. 개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템개발

□ 목적 및 필요성

본 과제는 신제품 개발에 대한 어려움과 검안기 영상처리 기술에 어려움을 가지고 있는 검안기 제조사의 기술 수요에 따라 중소기업지원센터의 기업수요형 R&D 사업으로 선정되어 진행되었다. 빠른 속도로 발전하는 IT 기술로 인해 검안기 부품이 단종되거나 업그레이드되어 기존 제품의 하드웨어나 소프트웨어를 전체적으로 다시 개발해야하는 일이 생기기도 한다. 신제품 개발을 위해서도 발전하는 하드웨어와 소프트웨어 기술을 빠르게 적용할 수 있는 개발 환경과 생산 환경을 제공하기 위해 ‘개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템’을 개발하게 되었다.

□ 연구 범위

개방형 하드웨어의 가장 큰 장점은 각기 다른 검출(sensing), 처리(processing), 제어(control) 기기들을 표준 인터페이스를 통하여 연동이 용이하다는 것이다. 기존의 FPGA, DSP를 직접 설계하여 개발하는 방식의 임베디드 시스템과 달리 개방형 하드웨어 기반의 검안기 플랫폼을 개발하여 요소 기술의 호환성과 확장성을 확보하고자 한다. 이러한 장점을 극대화하기 위해서는 하드웨어 인터페이스의 표준화와 중간 계층의 소프트웨어 플랫폼이 필수적이다. 이를 위해 표준 인터페이스 보드와 계층별 표준화 기술을 적용한 검안기 소프트웨어 플랫폼을 개발하여 검안기 시스템에 적용할 것이다.

무엇보다도 검안기 시스템의 가장 핵심이 되는 것은 눈의 광학적 특성을 정밀하게 측정하기 위한 머신비전 영상처리 기술이다. 전자 장치의 특성과 광학 장치의 특성으로 발생한 노이즈를 제거하여 개선된 영상을 얻을 수 있다. 천문우주관측기기의 이미징 기술을 적용하여 보다 개선된 검안 측정 성능을 확보할 것이다.

제2장 국내외 기술개발 현황

1. 중소기업 기술협력센터운영

- 우리 연구원에서는 지난 10여년 동안 6건의 기술이전과 49여건의 등록특허를 생산하였음, 최근 대형사업을 수행하면서 특허의 발생량이 상승할 것으로 예상되고 우주산업분야 중소기업에 기술을 이전할 수 있는 역량을 키워가고 있음.
- 국가적으로 ICT와 융합한 산업기술을 첨단화, 고부가가치화 하는데 출연연의 역할을 강조하고 있어, 우리 연구원도 우주산업분야 기술을 발굴, 중소기업과 공동기술개발 또는 기술이전의 필요성이 제기되고 있음.
- 출연연-중소기업 공동기술개발을 통한 기술협력 및 이전을 통한 기술료 수입 증대 필요성
- 천문 우주관련 기술 네트워크 활성화를 통한 open-innovation 구현
- 2014~2017 경영성과계획서에 “추진계획 3-3 중소기업과의 동반성장을 위한 지원체계 강화”를 통해 중소기업 지원강화를 통한 일자리 창출 및 창조경제 실현에 기여 의지를 담고 있음.
- 정부에서는 창의력, 상상력, 과학기술을 기반으로 새로운 국가 성장 동력을 만들어 새 시장과 새 일자리를 창출한다는 국정목표를 가지고 있음. 기존 산업에 ICT를 접목시켜 경제 성장을 이룬다는 의미임.
- 정부에서는 국가 R&D 예산의 5-15%를 중소기업과 공동 기술개발비에 투입하려고 하고 있으며, 출연연의 중소기업 기술개발에 큰 관심을 가지고 있음
- 미래창조과학부에서는 출연연 기술사업화 계획을 추진중에 있으며 출연연 공동 TLO 설립을 계획하고 있으며, 2013년에는 출연연 연합 기술지주회사를 설립하였음
- 최근 국가과학기술연구회 산하 25개 출연연을 통해 다음과 같은 사업을 진행하고 지원하고 있음
 - 중소기업 지원 통합센터 운영
 - 중소·중견기업 상생체계 구축
 - 중소기업지원 전담인력 운영
 - 중소기업 협력지수 개발
 - 중소기업지원 홍보 및 유관기관 네트워크 운영

2. 중소기업 시드형 기술개발 과제

- 선진국에서는 대학, 연구기관의 연구 성과를 중소기업과 함께 공동 기술 개발
 - ① 정부 동향 :
- 정부에서는 출연연의 연구개발 결과를 중소기업에 기술 이전하여 중소기업을 활성화시키고 일자리 창출을 위해 노력하고 있음.
- 최근 국가과학기술연구회 산하 25개 출연연을 통해 다음과 같은 사업을 진행하고 지원하고 있음.
 - 중소기업 지원 통합센터 운영
 - 중소·중견기업 상생체계 구축
 - 중소기업지원 전담인력 운영
 - 중소기업 협력지수 개발
 - 중소기업지원 홍보 및 유관기관 네트워크 운영

② 학계 동향 :

- 학계에서도 지식재산권에 대한 관리를 강화하고, 기술이전을 위한 TLO를 운영
- 대학에서 기술사업화를 위해 기술지주회사를 설립하여 교수, 연구원들이 기업체를 운영할 수 있도록 하고 있음

③ 연구계 동향 :

- 출연연에서도 정부의 정책에 맞추어 연구기관에 중소기업기술협력 전담기구를 설치하고 연구성과를 확산시키려는 노력을 하고 있음.
- 우리 천문연구원은 지난 10년 동안 대형과제 수행을 통해 기술이전 3건, 특허 40여건 등, 점차 확대되어 가는 추세임으로 TLO 기능을 강화하여 기술사업화에 기여해야 함

3. 초고속 자료 전송 및 저장 시스템

○ 국내 기술 동향 및 수준

현재, KVN은 디지털 자료처리 부분에서 일본의 DigitalLink사의 1GHz 샘플링 속도를 가지는 샘플러와 MIT Haystack 천문대에서 개발된 기록 시스템인 Mark5B/B+와 Mark6를 운용 중에 있다. 하지만 이들 시스템은 운용 및 유지에 있어 여러 불편이 존재하고, 성능에 있어서도 단일 스트림 기준으로 8Gbps를 넘지 못하는 한계가 있다. 국내에서 대용량 자료처리에 특화된 다양한 과학적 자료를 다룰 수 있는 10G Ethernet 인터페이스 모듈 기술과 PCI Express 기반의 자료저장 장치를 활용한 자료 저장 솔루션을 접목하여 개발한 곳은 파악되지 않으며, 우주전파 관측용으로 한국천문연구원에서 다수의 관련 기술을 보유하고 있고, 현재 개발 중에 있다.

○ 국외 기술 동향 및 수준

우주전파 관측에서 나오는 고속의 방대한 전파자료는 기존 스토리지로는 원하는 성능을 얻을 수 없었기에, 지난 수 십년 간 VLBI 분야에서는 관측 데이터 기록을 위한 특수 제작된 시스템(Mark Series, K Series 등)을 개발해 사용해왔다. 현재 전 세계에서 가장 널리 사용되는 VLBI 데이터 기록시스템은 미국 MIT Haystack 천문대에서 개발된 Mark6로 8Gbps 이상의 광대역 관측 수행을 지원한다. 하지만 애초 계획과 달리 16Gbps 이상의 입출력 성능 구현은 완벽하지 않은 상태이고 데이터 재생에 있어 여러 한계점을 보이고 있다. 한편, 일본에서도 일본국립천문대(NAOJ)의 지원을 받아 Elecs사가 개발한 기록 시스템(Peta data recorder)이 있으나 1 스트림당 8Gbps이고 최대 4 스트림을 다룰 수 있는 수준에 머무르고 있다.

4. 광파면 측정기 개발

○ 국내 기술 동향 및 수준

광파면 측정기술은 정부기관 차원에서 레이저 및 국방 응용을 위해 연구원(한국원자력 연구원, 국방과학연구소), 기업(한화탈레스, 두산DST) 그리고 대학(한국과학기술원, 광주과학기술원)에서 광파면 보정을 위해 부분적인 연구가 진행된 바가 있으나, 광가공 및 광학정렬 목적으로 광파면 측정기(센서) 개발연구는 수행된 적은 없다. 다음은 파면보정 연구의 목적으로 광파면 측정기 개발을 진행한 바가 있는 연구기관 및 기업들과 수행한 연구내용이다.

표. 1 국내 광파면 측정기술 연구기관 및 연구내용

연구기관 및 기업	연구 내용
한국원자력연구원	고출력 레이저의 광전송을 위한 파면측정 및 보정기술 연구
국방과학연구소	레이저집속장치 개발(광전송) 및 실험실 수준의 광파면 측정 및 보정 광학계 구현 경험
한화탈레스 (구, 삼성탈레스)	국방과학연구소의 과제 수탁을 통해 실험실 수준의 광파면 측정기술 개발
두산 DST	국방과학연구소의 과제 수탁을 통해 레이저집속장치와 관련된 적응광학기술 개발(광전송)
한국과학기술원	국방과학연구소 과제 수탁을 통해 고속파면 측정 및 보정 연구 수행
광주과학기술원	100TW Ti-Sapphire 레이저 펄스의 파면보정용 광파면 측정 및 보정 시스템 개발

o 국외 기술 동향 및 수준

국외의 경우, 다양한 측정기술을 연구하는 많은 대학과 정부기관이 존재하며, 이들의 연구분야는 광학요소 개발을 위한 광파면 측정기술 개발에 국한되지 않고, 의료, 비전 사이언스, 통신, 고출력 레이저, 레이저 핵융합 등 매우 다양한 응용을 위한 광파면 측정 기술 개발을 수행하고 있다. 다음은 광파면 센서 관련 기업, 특히 샵-하트만 방식의 측정기를 제품으로 생산하는 대표적인 업체들로서 천문, 방산, 의료, 통신 등 다양한 분야를 위해 특성화된 광파면 센서를 공급하고 있다.

- Metrolux GmbH
: wavefront sensor for laser applications
- OPTOCRAFT GmbH
: Shack-Hartmann Sensors, Metrology for ophthalmic optics
- WaveFront Sciences
: Micro-optics an wavefront sensor for ophthalmology
- Flexible Optical BV OKOTech
: wavefront sensors and Deformable mirrors for research and industry

5. 개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템개발

o 개방형 하드웨어 및 표준 인터페이스 기술 현황

최근 IT 업계에서는 오픈소스 소프트웨어(Open Source Software, 이하 OSS)와 함께 오픈소스 하드웨어(Open Source Hardware, OSH)가 새로운 기술 혁신 트렌드로 떠오르고 있다. OSS는 소프트웨어의 소스 코드를 공유한다면, OSH는 그에 해당되는 설계와 디자인을 공개하고 관련 정보를 공유하는 것으로 더욱 혁신적이고 참신한 제품 개발을 촉진하는데 그 목적이

있다. 이러한 OSH의 확산은 전문 엔지니어나 전자기기 공학 관련 매니아를 비롯한 일반인들의 하드웨어 제작 대중화를 견인하는 동시에 대기업 및 중소기업의 제품과 서비스 관련 R&D 활동을 촉진함으로써 이른바 제3의 산업 혁명을 일으키는 주된 동인으로까지 주목받고 있다.

개방형 하드웨어 기술을 활용한 제품과 서비스는 매우 다양하다. 특히 네트워크 인프라를 활용한 신규 수익 창출 수단으로서 M2M(Machine to Machine) 사업 전개에 열을 올리는 통신사업자들의 경우, 단말 개발에 소요되는 비용을 절감하는 동시에 서비스 영역 및 보급 범위를 확대하기 위한 요인으로 개방형 하드웨어 기반의 모듈 및 센서에 주목하고 있다. 또한 스마트 홈(Smart Home), 커넥티드 카(Connected Car) 등과 같이 B2C(Business to Consumer) 서비스 제공 사업자들 사이에서도 개방형 하드웨어를 서비스 개발에 적용하고 있다.

o 국내 검안기 기술 현황

국내의 검안기 제조사들이 속속 신제품을 시장에 내 놓고 있다. 터치 스크린 기능 탑재 및 방향을 바꾸기 위한 틸팅(Tilting)같은 진화와 Bluetooth, Wi-Fi와 같은 최신 IT 기술을 접목하여 신제품을 출시하고 있지만 검안기에서 가장 중요한 광학계를 개발 및 보완을 하는 경우는 중견 기업인 휴비츠의 제품을 제외하고 찾아 볼 수가 없다. 현대사회에서 VDT 증후군으로 인한 노안 및 관련 증세를 진단하기 위해서는 광학계 관련 기술이 필수적인데 국산 제품이 없어 고가의 외국 유명 제품 수입에 의존하고 있는 것도 이 때문이다. 외국의 유명제품에 대한 광학계를 분석을 하여 벤치마킹 식으로 적용하는 것이 현실이다. 요즘에서야 인구의 고령화로 인해 노안에 관련 된 제품을 출시하고는 있지만 부가적 기능에 제한되어 있으며 전문적인 VDT 증후군 진단용 제품은 아직까지 출시되지 않았다. 무엇보다도 자체적인 하드웨어 및 소프트웨어 플랫폼을 보유할 정도로 기술력을 탄탄히 보유하고 있는 기업은 많지 않은 상황이다.

o 국외 검안기 기술 현황

해외의 경우 많은 안광학 분야의 제조업체가 있으나 크게 독일과 일본 업체가 기술적인 우위를 점령하고 있다. 안과용 진단기기내에서는 제품에 대한 Full-Line up을 지향하는 업체와 기술 등이 유사한 몇 개의 제품에만 집중하는 업체로 크게 나누어진다. 몇몇 거대 회사들은 단순 검안에 대한 의료기기 수준을 넘어선 전문적 진단기기까지의 수준을 끌어 올린 제품을 개발하고 있는 상황이다. 또한 첨단 IT기술과 융합이 된 성능의 대폭 강화 및 원격진단과 휴대까지 가능한 제품까지 현재 개발 중이다. 검안기 제품은 여러 가지 기술을 필요로 하지만 무엇보다도 다양한 제품에 대한 Line-Up을 지원하기 위해 하드웨어 및 소프트웨어 플랫폼 기술은 필수적이며 표준화된 플랫폼 환경을 보유한 기업들의 경쟁력이 높은 것이 의료기기 시장의 현황이다.

제3장 연구개발 수행 내용 및 결과

1. 중소기업 기술협력센터운영

세부과제명	사 업 내 용	사 업 범 위
중소기업기술 협력센터운영	중소기업센터 운영	<ul style="list-style-type: none"> ○ 홈페이지 운영 ○ 중소기업관련 전문가 초청을 통한 대외 정보교류 ○ 출연연 및 특구 등 중소기업협력 활동 ○ 미래부, 연구회 등 정부기관 정책에 협력 대응
	KASI 테크노닥터 운영 및 시드형 과제	<ul style="list-style-type: none"> ○ 10인 이상의 테크노닥터중심 기술지원 및 원천기술개발 ○ KASI 테크노 닥터 중심으로 기업수요형 R&D과제로 연계할 시드형 과제 발굴
	KASI 패밀리기업	<ul style="list-style-type: none"> ○ 8개 이상의 패밀리기업 운영 및 공동기술 개발
	KASI 기술 교류회	<ul style="list-style-type: none"> ○ KASI 테크노닥터 및 패밀리기업 중심 기술교류회 ○ 연 2회 이상 ○ 패밀리기업 및 천문연 사업프로젝트 관련 기업들의 정보교류를 통한 open innovation 구현
기업수요형 공동기술개발	기술의 매출 전망이 밝고, 매출 실현이 가 능한 원천기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 재원 4 억 규모 ○ 과제 기간 2년 이내 ○ 2개 이상의 기업 수요형 공동기술 개발

2. 중소기업 시드형 기술개발 과제

세부과제명	사 업 내 용	사 업 범 위
중소기업 시드형 기술 개발	KASI 테크노닥터 운영	<ul style="list-style-type: none"> ○ 10인 이상의 테크노닥터중심 기술지원 및 원천기술개발 ○ 구체적 내용 (마-1 참조)
	KASI 패밀리기업	<ul style="list-style-type: none"> ○ 패밀리기업 운영 및 공동기술 개발 지원 ○ 구체적 내용 (마-2 참조)

3. 초고속 자료 전송 및 저장 시스템

: 초고속 자료 전송 및 저장 시스템의 파일럿 단계의 시작품 제작(TRL5)

세부지표	성과 목표	비고
초고속 저장 시스템	- 저장 속도 : min. 10Gbps 이상 (16 Gbps: 16xHDD, 50% 용량까지)	
고속 자료전송 모듈	- 입력단으로부터 10G Ethernet으로 자료 전송 - 기본 자료 전송 알고리즘 구현	

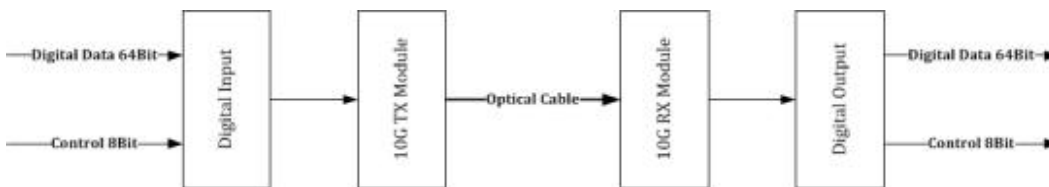
가. 10G Ethernet을 사용한 자료 전송 인터페이스 모듈 개발

그 동안의 연구에서, 10G 데이터 전송 모듈을 독자 개발할 수 있는지 기술 시험을 통하여 기본 기술을 확보하였다. 이를 바탕으로 사업화를 위한 고속 자료저장 시스템의 입력부를 제작 개발 범위는 다음과 같다.

- 10G 통신 구조 분석 및 펌웨어 제작
- 사용자 입력 데이터에 대한 10G 루프백 실험
- 10G 모듈 제어부분에 대한 하드코딩

Nios Shell을 이용한 Script 기반 -> SDK를 이용한 하드코딩 개발

개발이 성공적으로 이루어질 경우, 임의의 연속적인 디지털 데이터 스트림에 대해 10G 통신 모듈을 이용한 원격 전송이 가능해지므로 다양한 목적의 시스템 개발을 할 수 있게 된다.



10G Ethernet을 사용한 자료 전송 블록도

나. PCI Express 기반의 자료저장 장치 구축 및 전용 고속 실시간 자료 저장 SW 개발

10G 데이터 전송 모듈과 결합하여 새로운 개념의 고속 자료저장 시스템을 개발하기 위하여, 향후 수행 예정인 개발 요소는 다음과 같다.

- VDIF 기반 VLBI 데이터 기록을 위한 프로그램 개발
- 차세대 NVMe 인터페이스 기반의 스토리지 설계
- PCI Express 기반 스토리지와 NAS 엔진(ex>Glory FILE System) 통합
- SAS 4포트 규격 Raid 카드 환경에서 기록 성능 실험
- 데이터 기록 미디어로 기존 HDD 대신 SSD 장착 및 이를 통한 스토리지 경량화, 고속화

4. 광파면 측정기 개발

- 저잡음 영상센서를 활용한 측정센서 (H/W) 구성
- 삭-하트만 센서용 파면 복원 알고리즘 구현
 - 지역(Zonal) 파면 복원

- 모드(Modal) 파면 복원
- 측정 결과의 3차원 가시화 및 측정 결과 출력
 - OpenGL을 이용한 3차원 가시화
 - 측정결과의 정량화(PV, RMS) 표현
- 사용자 측정 환경(Metrology S/W) 구현
- 파면측정범위
 - 100 waves의 높은 광파면 측정범위 달성

5. 개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템개발

‘개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템 개발’사업은 검안기의 하드웨어 인터페이스 표준화와 소프트웨어 표준화에 목적이 있다.

항 목	내 용
개방형 하드웨어 기반의 검안기 플랫폼 선정	마이크로 프로세서 기반의 개방형 하드웨어인 라즈베리 파이(Raspberry PI), 브글본 블랙(Beagle Bone Black), 인텔 에디슨(Intel Edison) 세 개의 모델 중 CPU 성능과 인터페이스 확장성을 고려하여 Raspberry PI 3 B 모델을 선정 (기술적 검토와 함께 요구업체와 협의하여 선정하였음)
표준 인터페이스 모듈 개발	카메라, LED, 모션컨트롤러, 감열프린터 등 검안기 부속 장치의 인터페이스를 범용 인터페이스로 표준화하기 위한 인터페이스 보드 개발
검안기 소프트웨어 플랫폼 초기버전 개발	소프트웨어 계층별 표준화를 적용한 검안기 소프트웨어 플랫폼 개발
검안기 영상처리엔진 초기버전 개발	6각 프리즘에 의해 형성된 6개의 스폿 영상에 LED 영상이 반복적으로 측정되고 있는 문제를 배경 영상을 제거하는 방식으로 해결하여 영상처리엔진을 개발

개방형 하드웨어의 가장 큰 장점은 각기 다른 검출(sensing), 처리(processing), 제어(control) 기기들을 표준 인터페이스를 통하여 연동이 용이하다는 것이다. 기존의 FPGA, DSP를 직접 설계하여 개발하는 방식의 임베디드 시스템과 달리 개방형 하드웨어 기반의 검안기 플랫폼을 개발하여 요소 기술의 호환성과 확장성을 확보할 수 있다. 이를 위하여 마이크로 프로세서 기반의 개방형 하드웨어인 라즈베리 파이(Raspberry PI 3 B) 모델을 선정하였다. 검안기에는 카메라, LED 조명, 모션 컨트롤러, 감열프린터 등 여러 전자부품을 포함하고 있는데 Raspberry PI 모델은 여러 장치를 연결하기 위한 다양한 인터페이스를 지원하고 있다. 무엇보다도 4개의 CPU 코어와 그래픽 코어로 구성되어 있기 때문에 다른 모델에 비해 영상처리에 유리한 장점을 가지고 있다.

많은 개방형 하드웨어 시스템들이 표준 인터페이스 모듈을 지원하고 있지만 기존 검안기의 부품들은 아날로그 인터페이스이거나 최근에 거의 사용하지 않는 인터페이스 구조를 가지고 있다. 또한 광학/카메라/구동 모듈, 메인 모듈, 표출 장치 등의 배치 위치에 따라 케이블 연결 시 복잡도가 높아지는 문제가 발생할 수 있어 메인 모듈과 분리되어 있고 모든 구성 부품들의 연결이 통합되어 있는 표준 인터페이스 보드를 개발하였다. 통합형 표준 인터페이스 보드에는 LCD 터치스크린, 카메라, 감열프린터, 모션 컨트롤러(모터)를 연결할 수 있다. 이는 개발 이후

구성 부품의 단종 및 업그레이드 시 메인 모듈과 소프트웨어 플랫폼의 변경 없이 교환이 가능하고, 신제품 개발 시에도 다른 모듈의 변경을 최소화할 수 있다.

개방형 하드웨어의 장점은 오픈소스 소프트웨어를 이용한 소프트웨어 개발 환경이다. 그러나 이러한 장점을 극대화하기 위해서는 하드웨어와 같이 낮은 계층과 최종 응용프로그램과 같은 상위 계층을 연결하기 위한 중간 계층의 소프트웨어 플랫폼이 필요하다. 이는 다양한 시스템 계층의 개발자들과 공동 개발을 가능하게 하고, 검안기만의 특징적인 기능을 표준화할 수 있으며, 무엇보다도 개방형 하드웨어와 오픈소스 소프트웨어에 기반한 플랫폼은 GUI, 하드웨어, 영상 처리 엔진을 독립적으로 개발하고 통합할 수 있는 환경을 제공할 수 있다. 소프트웨어 표준화를 위하여 GUI, 영상처리 엔진, 하드웨어 인터페이스 드라이버 등을 유기적으로 연결하기 위한 계층별 표준화 기술을 적용한 검안기 소프트웨어 플랫폼 라이브러리를 개발하였다.

검안기 영상처리 엔진은 카메라 제어, 카메라 영상 전처리, 검안 측정, 동공자동 추적과 같이 검안기의 가장 핵심이 되는 기술이다. 무엇보다도 기존 검안기의 광학계 특성으로 인해 발생하는 잡광을 제거하여 눈의 광학적 측정을 보다 정밀하게 수행할 필요가 있다. 검안 측정 시 6각 프리즘에 의해 형성된 6개의 스팟 영상에 LED 영상이 반복적으로 측정되고 있는 문제가 있는데, 배경 영상을 제거하는 방식으로 해결하였다. 천문우주관측기기에 활용하고 있는 암 잡음 영상(dark current image), 바닥고르기영상(flat image), 영점 영상 (bias image) 등을 이용하여 전자 장치의 특성과 광학 장치의 특성으로 발생한 노이즈를 제거하는 방식과 유사한 방식으로 검안기 및 검안기의 영상처리방법으로 특허출원하였다.

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 중소기업 기술협력센터운영

- 중소기업기술자문 및 애로기술해결의 지속적 노력
- KASI 패밀리 기업 지원 확대를 위한 노력과 성과
- 출연(연) 산·학·연 협력 우수기관으로 미래부 표창 ('16.01.28.)
 - － 산·학·연 협력 분야에서 정부출연연구기관의 성과제고와 과학기술의 발전에 이바지한 바가 크므로 이에 표창
- 천문우주분야 중소기업과 공동 기술개발과 성과창출을 위한 기술교류회 확대('14년 2회 → 15년 4회 → '16년 8회)
- 연구장비 관리 및 공동활용 활용률 개선
2016 연구장비 공동활용 활용률 70.1% 달성 (목표대비 11.1% 초과달성)
- 기업수요형 공동기술개발사업 운영을 통한 기술이전 실적 제고
- 한국천문연구원 연구소기업 1호 및 2호 추진 (2016.12 법원등기 완료 및 미래부 승인)

2. 중소기업 시드형 기술개발 과제

- 중소·중견기업과 상생체제 구축
- KASI 패밀리기업 운영을 통한 기업수요형 공동기술개발사업을 위한 시드형 과제 발굴
- 기업수요형 공동기술개발사업을 위한 시드형 과제 발굴 및 기술지원 R&D 육성사업
 - － 내외부과제 발굴 관련한 중소기업관련 정보수집 및 제공
 - － 출연(연) 중소기업 융복합 기술개발 과제 발굴
 - － 유망 중소기업 발굴 및 대형사업 관련 중소기업 연계 가능성 조사
 - － KASI 테크노닥터, 패밀리기업 운영을 통한 애로기술 해결 및 원천기술 개발
 - － 기술교류회를 통한 연구소기업 인프라 구축

3. 초고속 자료 전송 및 저장 시스템

평가/성과지표	추진실적	달성도(%)
○ 연차성과목표 달성도 - 자료 전송 기능 구현 - 자료 저장 장치 구현	<ul style="list-style-type: none"> - 10G 통신 구조 분석 및 펌웨어 제작 (Full Hardware 방식의 UDP 전송 펌웨어 개발) - 사용자 입력 데이터에 대한 10G 루프백 실험 - 10G 모듈 제어부분에 대한 하드코딩 - Nios Shell을 이용한 Script 기반 -> SDK를 이용한 하드코딩 개발 - PCI Express 기반 자료 저장 시스템 구축 - 소프트웨어 플랫폼 초기버전 개발 - VDIF기반 VLBI데이터 기록을 위한 프로그램 개발 - 차세대 NVMe 인터페이스 기반의 스토리지 설계 - SAS 4포트 규격 Raid카드 환경에서 기록 성능실험 - HDD대신 SSD 장착하여 스토리지 경량화, 고속화 	100%
○ 연구성과의 질적 우수성 - 자료 전송 속도 - 자료 저장속도	<ul style="list-style-type: none"> - 실입력 데이터(64비트/125MHz(8000Mbps)인 경우)를 10Gbps UDP 기반 실시간 무결성 전송 - 독립적인 10bps UDP 자료 전송 모듈 설계 - 8Gbps 입력 스트림에 대한 안정적인 기록 성능 - 일정한 최적 속도를 갖는 하드디스크 기록 제어 방법 고안 - 10GbE NIC로 입력되는 각 개별 스트림에 대해 별도의 프로세서 코어를 할당하고 다수의 쓰레드가 구동하는 병렬처리 저장 소프트웨어 구현 	100%

4. 광파면 측정기 개발

가. 목표 달성도 요약

- 광파면 측정기 하드웨어 구성 완료
 - 광파면 측정기는 다양한 활용이 가능하도록 빔분할기 중심으로 측정광원 및 광학 악세서리가 배치된다. 또한 활용 대상에 따라 적합한 영상센서가 사용할 수 있도록 파면 영상센서의 교체가 가능한 구조로 제작되었다.
- 파면 복원 알고리즘 구현 완료
 - 미소렌즈배열을 이용한 삭-하트만 방식의 광파면측정기는 두 가지 방식(Zonal 및 Modal)으로 파면복원을 구현할 수 있다. 지역(Zonal) 파면복원을 위해 오차전파가 가장 적은 것으로 알려진 Southwell 복원 알고리즘을 적용하였고, 모드(Modal)파면복원은 Zernike 다항식을 이용한 다항식 fitting을 통해 파면을 복원하였다.
- 측정결과 정량화
 - 측정결과 정량화 완료: PV(Peak to Valley), RMS, Zernike 계수로 측정 결과 정량화
- 광파면 측정기 사용자 환경 구현 및 측정결과 가시화
 - 사용자 소프트웨어는 C 언어 기반의 개발자 환경에서 이루어졌으며, 측정된 파면복원

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

결과는 OpenGL를 이용하여 3차원 영상으로 가시화하였다. 사용자 환경을 통해 영상센서 선택에 따른 설정값 변경, 미소렌즈의 기준 위치값 교정 등의 설정 기능을 수행하고, 가시화 기능을 통해 미소렌즈 영상의 변화 및 복원된 파면형상정보가 출력된다.

나. 달성된 성과의 질적 우수성

- 자체 측정 광원 내장 및 중대형 망원경 광학계 측정을 위한 장착 구조
 - 광파면 측정기 활용시, 범용성을 부여할 수 있도록 자체 측정광원 내장, 자체 광원은 광파면 측정기 교정광원으로서도 활용됨.
 - 중·대형 광학계의 성능측정이 가능하도록 파면측정기를 구성함.
- 파면센서 교체 가능형 구조
 - 활용 목적에 따라 11×11 또는 26×26 파면센서가 장착될 수 있는 하우징 구조 설계 및 제작
- 파면측정범위
 - 100 waves의 높은 광파면 측정범위 달성

다. 대표적 연구성과

- 광파면 측정기 활용과 관련된 특허 “변형거울을 이용한 광학면 측정 방법 및 장치”는 이탈정도가 큰 비구면 광학요소의 성능측정에 활용될 핵심원천 기술이며 비구면 광학요소를 생산하는 그린광학의 제품생산경쟁력을 강화할 것임.

5. 개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템개발

평가/성과지표	추진실적	달성도(%)
○ 연차성과목표 달성도 (35점) <ul style="list-style-type: none"> - 개방형 하드웨어 기반의 검안기 플랫폼 선정 - 표준 인터페이스 모듈 개발 - 검안기 소프트웨어 플랫폼 초기버전 개발 - 검안기 영상처리엔진 초기버전 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 마이크로 프로세서 기반의 개방형 하드웨어인 라즈베리 파이(Raspberry PI), 브글본 블랙(Beagle Bone Black), 인텔 에디슨(Intel Edison) 세 개의 모델 중 CPU 성능과 인터페이스 확장성을 고려하여 Raspberry PI 3 B 모델을 선정 (기술적 검토와 함께 요구 업체와 협의하여 선정하였음) - 카메라, LED, 모션컨트롤러, 감열프린터 등 검안기 부속 장치의 인터페이스를 범용 인터페이스로 표준화하기 위한 인터페이스 보드 개발 - 검안기 소프트웨어 플랫폼의 이미징 라이브러리 개발 - 6각 프리즘에 의해 형성된 6개의 스팟 영상에 LED 영상이 반복적으로 측정되고 있는 문제를 배경 영상을 제거하는 방식으로 해결하여 영상처리엔진을 개발 	100%
○ 연구성과의 질적우수성(25점) <ul style="list-style-type: none"> - 서브시스템의 범용 표준화 인터페이스 적용 	<ul style="list-style-type: none"> - 서브시스템이 전혀 표준화되어 있지 않아 하드웨어적인 기술 변경에 어려운 문제점이 있었으나 범용 인터페이스 표준화를 적용하여 부품 단종 시 대체가 용이 	100%

<ul style="list-style-type: none"> - 카메라 영상의 잡광제거 	<p>하도록 하였으며, 소프트웨어의 계층별 표준화를 적용한 라이브러리를 개발하였음 (프로그램 등록 1건)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 6각 프리즘에 의해 형성된 6개의 스팟 영상에 LED 영상이 반복적으로 측정되고 있는 문제를 배경 영상 제거하는 방식으로 해결하였음 (특허출원 1건) 	
<p>○ 연구수행의 파급 및 기대효과 (10점)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 연구성과 활용도/기술이전 	<ul style="list-style-type: none"> - 관련 연구 결과 중 검안기 소프트웨어 플랫폼의 초기 버전을 확장하여 ‘이미징 프레임워크 V 1.0’ 프로그램을 등록하였으며 관련 기술을 ‘연구소기업’ 설립 시 활용되었음 - 또한 본 과제에서 개발된 기술의 특허출원 내용은 (주) 제릭스에서 신제품에 적용하기로 합의하였으며 관련 기술의 적용을 위한 기술적 협의가 진행되고 있음 (기술이전준비 중) 	100%
<p>○ 인력 및 예산 사용의 적절성 (10점)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 계획대비 이행실적 - 연구비 집행실적 	<ul style="list-style-type: none"> - 소프트웨어와 전자 분야의 전문가가 투입되어 각 전문 분야의 추진 성과가 원활하게 진행되었으며 목표하고자하는 성과를 모두 달성하였음 - 계획 대비 총 집행액 100%로 일정에 따른 연구비 집행하였음 	100%
<p>○ 과제별 특성지표 (20점)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 중소기업과의 동반성장을 위한 지원체계 강화 	<ul style="list-style-type: none"> - 본 사업은 중소기업지원센터에서 진행하는 기업수요형 R&D 사업으로 관련 기술의 기술이전이 원활하게 진행되고 있으며, 관련 기술의 수요가 여러 중소기업에서 요구되고 있음 	100%

제5장 연구개발결과의 활용계획

1. 중소기업 기술협력센터운영

- 한국천문연구원의 노하우/특허 기술의 기술사업화 확대
- 중소 중견기업 수요기반 원천기술 개발 R&D 강화

2. 중소기업 시드형 기술개발 과제

- KASI 패밀리기업 운영을 통한 기업수요형 공동기술개발사업으로 연계
- 육성사업의 일환으로 기술이전형 R&BD 사업 지원

3. 초고속 자료 전송 및 저장 시스템

- 관련 연구 결과 중, ‘일정한 최적 속도를 갖는 하드디스크 기록 제어 방법’을 특허 출원하였음
- 본 과제에서 개발된 기술의 특허출원 내용은 (주)에스이티시스템에서 관련 기술의 적용을 위한 기술적 협의가 진행 중에 있음

4. 광파면 측정기 개발

- 파면 측정기 기술은 광학요소 및 광학계 생산업체인 (주)그린광학에 기술이전하여 그린광학의 제품 생산 활동에 활용할 계획임. 특히 광파면 측정기는 그린광학이 개발 진행 중인 구경 50cm의 광시야 광학계의 현장 조립, 정렬 장치로서 활용될 예정임.
- 광파면 측정기의 파면복원 기술은 파면보정기술인 적응광학의 핵심기술로서, 천체망원경용 적응광학계 개발뿐만 아니라 의료(안광학), 바이오, 광통신, 국방분야 등에서 활용되는 광학계들의 왜곡파면(수차) 보정시스템 구현에 적용될 수 있음.

5. 개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템개발

본 사업에서는 ‘검안기 소프트웨어 플랫폼 개발’과 ‘검안기 영상처리 엔진 개발’이 중요한 연구 개발 결과이다. 관련 연구 결과 중 검안기 소프트웨어 플랫폼의 초기 버전을 확장하여 ‘이미징 프레임워크 V 1.0’ 프로그램을 등록하였으며 관련 기술은 ‘연구소기업’ 설립 시 활용되었다. 또한 검안기 영상처리 기술에 대한 특허출원 내용은 (주)제릭스에서 신제품에 적용하기로 합의하였으며 관련 기술의 적용을 위한 기술적 협의가 진행되었다.

○ 기술적 측면에서의 활용성

검안기의 서브시스템이 전혀 표준화되어 있지 않아 하드웨어적인 기술 변경에 어려운 문제점이 있었으나 범용 인터페이스 표준화를 적용하여 부품 단종 시 대체가 용이하도록 하였으며, 소프트웨어의 계층별 표준화를 적용한 라이브러리를 개발하였다. 이는 개발 이후 구성 부품의 단종 및 업그레이드 시 메인 모듈과 소프트웨어 플랫폼의 변경 없이 교환이 가능하고, 신제품 개발 시에도 다른 모듈의 변경을 최소화할 수 있다. 검안기 제품의 다양한 라인업을 구성할 수 있으며 빠른 개발 환경과 낮은 비용의 생산 환경을 갖출 수 있게 되었다. 또한 검안기 영상 처리 개선은 단순한 영상 후처리가 아닌 이미징 기술과 복합된 영상처리 기법으로 천문(연)이 보유한 천문우주관측기기 기술을 산업용 머신비전, 의료기기 등 다양한 분야에 실용화할 수 있

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는
연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

을 것이다.

o 경제·산업적 측면의 활용성

본 연구를 통해 검안기의 하드웨어 표준화와 소프트웨어 표준화를 위한 연구가 수행되었다.
관련하여 프로그램 등록 1건과 특허 출원 1건이 진행되었으며, 이러한 연구성과는 검안기와
의료기기 산업 분야에 적용될 것으로 기대된다.

제6장 참고문헌

- [1] R. Spencer, R. Jones, A. Mathews, and S. O'Toole, "Packet Loss in High Data Rate Internet Data Transfer for eVLBI," In Proc. 7th European VLBI Network Symp., Toledo, Spain, Oct. 2004, pp. 1–2.
- [2] P. Avery, "Grid Computing in High Energy Physics," Beauty 2003 Conf., Carnegie Mellon University, Oct. 2003, pp. 11–15.
- [3] J. Jang, D. Mim, and C. Choi, "Study on Hybrid Type Cloud System," J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, vol. 11, no. 6, 2016, pp. 612–614.
- [4] M. Lee, "A study on the Throughput Guarantee with TCP Traffic Control," J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, vol. 11, no. 3, 2016, pp. 304–306.
- [5] H. Hinteregger, A. Rogers, and R. Cappallo, "A high data rate recorder for astronomy," J. of IEEE Trans. Magnetics, vol. 27, no. 3, 1991, pp. 3450–3460.
- [6] M. Chen, S. Mao, Y. Zhang, and V. C. Leung, Big Data Related Technologies, Challenges and Future Prospects. Heidelberg: Springer, 2014.
- [7] A. Rhitney and D. Lapsley, "Mark6 Next-Generation VLBI Data System," In Proc. IVS General Meeting, Madrid, Spain, 2012, pp. 86–90.
- [8] R. Cappallo, C. Ruszczyk, and A. Whitney, "Mark6: Design and Status," In Proc. 21st Meeting of the European VLBI Group for Geodesy and Astronomy, Espoo, Finland, Mar. 2013, pp. 9–12.
- [9] F. Takahashi, T. Kondo, Y. Takahashi, and Y. Koyama, Very Long Baseline INterferometer. Tokyo: Ohamsha Press, 1997.
- [10] D. Yoon, Introduction to PCI Express Interbased based High Performance Storage System. Seoul: Verifian, 2014.
- [11] L. Deri, PF_RING High-speed packet capture, filtering and analysis. Pisa: ntop, 2016.
- [12] D. Central, Packet Capture With libpcap and other Low Level Network Tricks. New York: NAU's Computer Systems Engineering, 2008.
- [13] L. Deri, PF_RING API. Pisa: ntop, 2016.
- [14] A. Rhompson, J. Moran, and G. Wwenson, Global Positioning Systems, Interferometry and Synthesis in Radio Astronomy. New York: Wiley, 2004.

제7장 세부과제 내용

세부과제 1. 중소기업 기술협력센터운영

1. 연구개발 목표 및 평가의 착안점

가. 당해연도 연구개발 목표 및 결과

단계	연차	연구개발 목표	연구개발 수행 내용	연구결과
1단계	1차년도 (2016)	중 소 기 업 센 터 운영	○ 중소기업센터 운영	- 중소기업 테크노닥터 사업 참여 연구과제 확대를 위한 노력 (P5 ~ P11)
			○ 패밀리기업 육성지원을 위한 기술교류 및 기술 자문 실적	- KASI 패밀리 기업 지원 확대를 위한 노력과 성과 (P12~P16)
			○ 공동장비 활용지원을 위한 각종 활동	- 연구장비 관리 및 공동활용 활용률 개선 (P16~P18)
		기업 수요형 기술개발 사업을 위한 시드형 과제 발굴 지원	○ 2017년도 기업수요형으로 연계할 원천기술 개발 지원	- 패치형 안테나를 이용한 소형 물체 검출 시스템 개발 (P29 ~ P39) - 카본파이버 미러 개발 (P45~ P51) - 차량용 적외선 카메라 렌즈 설계 (P52 ~P53)
			○ 테크노닥터의 기술정보 수집 지원	- 정보 수집을 위한 학회 출장 지원: 적응광학기술 (P39 ~ P44)
			○ 원천기술의 지적재산권 확보 지원	- 특허 출원 1 : 태양열 집광장치 개발 (P51~P52)
		기술이전 육성사업 지원	○ 기술사업화 활성을 위한 연계 육성사업	- 연구소기업 2개 추진 (P54 ~ 56)

나. 당초 연구개발 목표 및 연차점검의 주요 착안점

단계	연차	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 척도
1단계	1차년도 (2016)	중소기업센터 운영	30	이행실적
		공동장비 활용지원	10	이행실적
		육성지원을 위한 KASI 기술교류회 및 정책	10	이행실적
		기술 자문 실적	10	이행실적
		기업 수요형 기술개발 사업을 위한 시드형 과제 발굴 지원	40	이행실적

2. 연구수행 내용 및 결과

가. 연구수행 내용

(1) 중소기업 테크노닥터 사업 참여 연구과제 확대를 위한 노력과 성과

정부의 창조경제정책에 부응하고 천문우주분야 민간산업 기반조성을 위한 중소기업지원 확대 필요

(가) 성과 목표 및 실적

연도	목표	실적																
2015년	기업수요형 R&D 3개 과제 (누적)	<div>① 기업수요형 R&D과제 4개 수행</div> <table><tr><th>기업명</th><th>세부과제명</th></tr><tr><td>(주)네OO스코리아</td><td>지상 및 우주선량 측정용 RadFET 센서 개발</td></tr><tr><td>(주) 윤O</td><td>연마공구 이송장치 개발</td></tr><tr><td>(주)에OO랩</td><td>초고감도 머신비전 개발</td></tr><tr><td>(주)그OO학</td><td>SiC 신소재 연마기술개발 * 미국 NOAO와 (주)그OO학과 국제공동 기술개발</td></tr></table> <div>② 국가과학기술연구회 주관 중소기업 기술멘토링 사업 2개 과제 수행</div> <div><div>- 기업별 전문멘토 2명씩 배정</div><div>- 방문 및 상담지원 총 37건</div><div>- 애로기술 해결 총 2건</div></div> <table><tr><th>참여기업</th><th>지원내용</th></tr><tr><td>네OO스코리아</td><td>항공기 승무원 우주방사선 모니터링 기술 지원</td></tr><tr><td>에OOO</td><td>기상레이더 시스템 설계 지원</td></tr></table> <div>③ 테크노닥터 애로기술해결 활동</div> <div><div>- KASI 홈페이지, 미래부 기업공감원스톱서비스 'SOS 1379'로 애로기술 자문(총 14건)</div></div>	기업명	세부과제명	(주)네OO스코리아	지상 및 우주선량 측정용 RadFET 센서 개발	(주) 윤O	연마공구 이송장치 개발	(주)에OO랩	초고감도 머신비전 개발	(주)그OO학	SiC 신소재 연마기술개발 * 미국 NOAO와 (주)그OO학과 국제공동 기술개발	참여기업	지원내용	네OO스코리아	항공기 승무원 우주방사선 모니터링 기술 지원	에OOO	기상레이더 시스템 설계 지원
기업명	세부과제명																	
(주)네OO스코리아	지상 및 우주선량 측정용 RadFET 센서 개발																	
(주) 윤O	연마공구 이송장치 개발																	
(주)에OO랩	초고감도 머신비전 개발																	
(주)그OO학	SiC 신소재 연마기술개발 * 미국 NOAO와 (주)그OO학과 국제공동 기술개발																	
참여기업	지원내용																	
네OO스코리아	항공기 승무원 우주방사선 모니터링 기술 지원																	
에OOO	기상레이더 시스템 설계 지원																	
2016년	기업수요형 R&D 4개 과제 (누적)	<div>① 기업수요형 R&D과제 3개 수행(누적 7개 과제)</div> <table><tr><th>기업명</th><th>세부과제명</th></tr><tr><td>(주)제OO</td><td>개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템 개발</td></tr><tr><td>(주)그OO학</td><td>광파면 측정기 개발</td></tr><tr><td>(주)에OO티시스템</td><td>초고속 자료 전송 및 저장 시스템</td></tr></table> <div>② 국가과학기술연구회 주관 중소기업 기술멘토링 사업 1개 과제 수행</div> <table><tr><th>참여기업</th><th>지원내용</th></tr><tr><td>성O포밍</td><td>Waveguide 및 Antenna 생산에 필요한 설계 및 성능평가 기술 지원</td></tr></table> <div>③ 테크노닥터 애로기술해결 활동</div> <div><div>- KASI 홈페이지, 미래부 기업공감원스톱서비스 'SOS 1379'로 애로기술 자문(총 8건)</div><div>- 국가과학기술인력개발원(KIRD)과 중소/중견기업 기술교육 업무협약 체결 (16.04)하였음. R&D 역량 강화를 위한 기술교육 실시 MOU 체결하여 담당 테크노닥터가 5회 교육 실시함.</div></div>	기업명	세부과제명	(주)제OO	개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템 개발	(주)그OO학	광파면 측정기 개발	(주)에OO티시스템	초고속 자료 전송 및 저장 시스템	참여기업	지원내용	성O포밍	Waveguide 및 Antenna 생산에 필요한 설계 및 성능평가 기술 지원				
기업명	세부과제명																	
(주)제OO	개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템 개발																	
(주)그OO학	광파면 측정기 개발																	
(주)에OO티시스템	초고속 자료 전송 및 저장 시스템																	
참여기업	지원내용																	
성O포밍	Waveguide 및 Antenna 생산에 필요한 설계 및 성능평가 기술 지원																	

① 중소기업 기술수요형 R&D 사업 수행 ('16년)

[illegible][illegible]

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

③ -1 KASI 테크노닥터 선정(18명)

NO.	연구원	기술분야	특허 및 보유기술	기술유형	활동내역
					관련기업
1	강용우	◦영상·전자제어 ◦전파신호처리	-CCD 카메라 시스템기술 -초고속 샘플러 기술 -RF total power detection 기술	성숙기술 수확기술 수확기술	◦'15년 기업수요형 R&D과제 수행/PI ◦'16년 기업수요형 R&D과제 발굴 ◦애로기술자문 3건
					(주)에스이랩, (주)인스페이스, (주)SET시스템, (주)아스텔
2	김영수	◦광학계 성능측정 ◦광학계설계 및 제작 ◦망원경 관련	-망원경 및 광학계 성능 측정 기술 -망원경 및 광학계 설계 및 제작 -Tip-tilt 시스템 성능평가 기술 -신소재 및 적응광학계 개발 기술 -프로그래밍 기술	탐색기술	◦'16년 시드형과제 발굴 ◦애로기술자문 1건
					(주)그린광학, (주)루세로틱
3	김지현	◦광학계 성능측정 ◦적응광학	-광학계 설계 및 성능측정	탐색기술	◦'16년 시드형과제 발굴
4	나자경	◦광학계성능측정	-광학계 정렬기술 -파면 측정 및 보정기술	탐색기술	◦'16년 기업수요형 R&D과제 발굴 ◦애로기술자문 6건
					(주)그린광학, (주)인스페이스, (주)제릭스, 화이트박스로보틱스, (주)셋별
5	남옥원	◦우주방사선 측정 ◦영상·전자제어	-디지털 펄스프로세싱 알고리즘 -우주방사선 측정기기 기술	성숙기술	◦애로기술자문 9건 ◦기술이전 수요기업 발굴 (주)아이트릭스
					(주)피디케이리미티드, (주)제릭스, 화이트박스로보틱스, (주)아스텔, (주)인스페이스, (주)SET시스템
6	박성준	◦광학계설계 및 제작 ◦망원경 관련	-광학설계 및 공차해석 -잡광해석	탐색기술	◦애로기술자문 2건
					(주)제릭스
7	송민규	◦전파천문 수신	-초고속 통신 -대용량 storage 알고리즘 기술	탐색기술	◦'16년 기업수요형 R&D과제 발굴
					(주)SET시스템
8	백지혜	◦영상·전자제어 ◦S/W프레임워크 기술	-컴퓨터 비전 -데이터 가시화 기술 -빅 데이터 기술	탐색기술	◦애로기술자문 1건
					(주)제릭스
9	양홍진	◦천문콘텐츠	-천상열차분야지도 3차원 측정자료 -전통천문학 및 고대전통 별자리 관련 과학문화 콘텐츠	탐색기술	◦'16년 시드형과제 발굴 ◦애로기술자문 2건
					(주)피디케이리미티드
10	염재환	◦전파신호처리 ◦전파천문 수신 ◦영상·전자제어	-우주전파 신호처리 기술 -대용량 자료 광전송 및 기록 기술 -FPGA/MCU/DSP 설계 기술	탐색기술	◦애로기술자문 1건
					(주)SET시스템
11	유영삼	◦영상·전자제어 ◦이미지센서	-CCD 성능 측정 -이미지 센서 구조 및 성능 평가 -영상처리	탐색기술	◦애로기술자문 1건
					(주)아스텔,
12	이대희	◦우주방사선 센서기술 ◦영상·전자제어	-RadFet 센서기술 -센서 신호처리 기술	탐색기술	◦기업수요형 R&D과제 수행/PI
					(주)네오시스코리아
13	이재진	◦우주방사선 측정 ◦우주환경	-우주환경 예측 및 자료처리기술 -생활주변 방사선 정책 -극지방로 우주방사선 감시시스템	탐색기술 성숙기술 성숙기술	◦멘토링 사업 수행 및 패밀리기업 지원
					(주)네오시스코리아
14	정문희	◦전파천문 수신 ◦전파수동소자설계기술	-전파수동소자(OMT, phase shifter, antenna, filters) 설계기술	탐색기술	◦애로기술 해결 및 패밀리기업 발굴
					(주)성원포밍
15	제도흥	◦전파천문 수신	- 전파망원경 수신시스템 RF 설계 - 전파망원경 기준주파수 전송 및 모니터링 기술	탐색기술	◦멘토링 사업 수행 및 패밀리기업 지원
					(주)에스이랩
16	최병규	◦우주 측지 분야	-고정밀 GPS 위치결정기술 -GPS/GLONASS 통합 위치 결정 기술	수확기술	◦애로기술자문 1건
					(주)아이트릭스
17	최성환	◦영상·전자제어 ◦망원경 관련	-머신비전 CCD제어, 영상처리 -영상안정화 기술 -망원경 구동 및 적응광학 기술	성숙기술	◦'16년 기업수요형 R&D과제 발굴 ◦애로기술자문 1건
					(주)제릭스
18	한정열	◦광학계설계 및 제작	-광학면 초정밀 연마 요소기술	성숙기술	◦기업수요형 R&D과제 수행/PI 2건 ◦애로기술자문 1건
					(주)그린광학, 윤솔(주), (주)인스페이스

③ -2 중소기업 애로기술 자문 및 기술지원

※ 애로기술자문 건수 : 공동기술개발과제 외 패밀리기업 및 일반기업의 자문요청 대응

● KASI 홈페이지를 통한 애로기술 자문 및 기술지원 1건

상담번호	접수일자	상담제목	기업명	신청자명	처리완료일
1	2016-01-12	대구경 비구면 가공과 측정	그린광학	김진호	2016-02-20

● 기업공감원스톱서비스를 통한 중소기업 애로기술 자문 및 기술지원 7건

상담번호	접수일자	상담제목	기업명	신청자명	처리완료일
10043574	2016-10-12	적외선광학계 분야 전문가의 기술지원 요청	룩시어(유)	박학수	2016-10-19
50002555	2016-09-08	고배율 Vision 검사장비 개발을 위한 광학분야 자문요청	(주)제이에스티	홍석호	2016-09-22
50001919	2016-04-27	크레인 제어시스템 개발 요청의 건	인버터코리아(주)	김병용	2016-06-27
10027141	2016-04-19	광학간섭계시스템 관련 기술자문 요청	(주)릭스컴퍼니	서광범	2016-05-10
50001838	2016-04-15	고배율 Vision 검사장비 개발을 위한 광학분야 자문요청	(주)제이에스티	홍석호	2016-04-25
10020574	2016-02-17	방송용 EFP 카메라 전동식 렌즈 모듈 개발 지원	(주)서울텍	신현명	2016-03-17
50001548	2016-02-16	객담도말 자동검사시스템 검경장비 개발을 위한 광학계 설계 요구사항 자문	(주)인스페이스	성소현	2016-02-22

③ -3 중소기업 교육 수행

o 국가과학기술인력개발원 (KIRD) 주관 하에 중소기업 교육 수행

o KIRD와 MOU 체결

- 중소중견기업 기술교육 업무협약
- 2016. 4. 20. 대전 롯데시티호텔
- 표준연, 철도연, 전기연과 함께 KIRD와 MOU 체결




o 중소기업 교육 실시

- 교육 제목: 광기술 일반 및 성능평가 (초급, 중급)
- 교육 시간: 1일 교육 (6 시간)
- 교육 장소: 천문연 (이원철홀)
- 강사: 김영수, 나자경, 김지현

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는
연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

번호	구분	교육 일자	수강생 수	비 고
1	초급	2016-06-15	4 명	
2	초급	2016-08-17	11 명	
3	초급	2016-09-21	3 명	
4	중급	2016-10-21	4 명	
5	-	2016-11-21		예정

(나) 중소기업 지원체계 구축

구 분	주요내용	비 고
전담부서 신설 및 인력확대	<ul style="list-style-type: none"> · 선임본부장 직속의 중소기업협력센터 신설 및 전담 인력 확대 - 부서별로 분산된 중소기업 지원 기능을 통합하여 확대 운영 - 체계적 중소기업 지원을 위한 전담인력 확대('14년 4명→'15년'16년 6명) - 테크노닥터를 통한 1:1 지원체계 구축('14년 13명→'15년'16년 18명) · 출연(연) 산·학·연 협력 우수기관으로 미래부 표창('16.01.28.) 	
기술사업화 로드맵 이행	<ul style="list-style-type: none"> · '18년까지 샘플러 기술 등 총 29개 핵심기술 개발 및 사업화를 위한 로드맵 수립 - 기술유형별 연차별 성과창출계획, 참여 중소기업 명시 - 유망기술 발굴 및 기술이전 계획 수립 	
중소기업 지원 체계 마련	<ul style="list-style-type: none"> · KASI 중소기업지원 웹사이트의 제공정보 강화 - 신규특허 공개(10건), 보유기술 공개(58건) 등 · 중소기업협력센터 소개 및 기업 지원 사업이 담긴 홍보 브로슈어 제작배포 	

(다) 중소기업 지원 프로그램 개선

① 내부 보유기술에 대한 수준별 지원체계 정립

탐색기술(Seed)	성숙기술(Maturation)	수확기술(Harvest)
· 매칭기업 수요조사 및 아이디어 구체화, 패밀리기업 멘토링 및 애로기술해결 등	· 패밀리기업과 협력하여 기업 수요형 R&D 예산 지원	· TRL 5 수준의 기술에 대해 사업화 지원, 상용화 프로젝트 공동지원 등
최대 500만원/년	2억 규모 / 2~3개 과제 선정	전사적 마케팅 및 홍보 지원

② KASI 기술이전을 토대로 연구소기업 추진(2개 기업)

- 연구소기업 설립을 위한 연구소기업 추진 TFT 구성 및 대상기업 선별
- 연구소기업 출자기술의 기술/권리/시장성등의 사전 분석 및 평가하는 기술가치평가 신청('16.06.15.)

기업명	기술 분야	기술명
(주)아오릭스	저조도 CCD 영상처리	다양한 이미지센서를 지원하는 머신비전 시스템
(주)네오스코리아	우주방사선 측정센서 기술	광대역 조직등가비례계수기 및 이를 이용한 계수방법

(라) 중소기업 수용형 R&D 개발과제 확대

중소기업 지원 시드형 기술발굴을 위한 과제 최초 편성

- 기업수요형 공동기술개발을 위한 시드형 유망기술 과제 발굴 및 기술지원 R&D육성사업 확대
- (과제명) 중소기업 시드형 기술개발 : '15년 50백만원(13명) → '16년 100백만원(18명)

① 중소기업과 국제공동 기술개발을 통한 역량 강화 지원

- SiC 신소재 연마기술개발사업은 미국(NOAO), (주)그오광학과 공동연구 수행

② 기술이전 확대를 위한 기업수요형 R&D 과제 최초 편성(총 6개 과제)

- 맞춤형 R&D로 도출된 특허 및 기술노하우에 대하여 총 3건의 기술이전 실적 달성

구분	세부과제명	참여기업	KASI부담금	기업부담금
2015년	지상 및 우주선량 측정용 RadFET 센서 개발	(주)네오스코리아	100백만원	25백만원
	연마공구 이송장치 개발	(주)윤오오	50백만원	12.5백만원
	초고감도 머신비전 개발	(주)에오랩	100백만원	25백만원
2016년	개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템 개발	(주)제오	100백만원	20백만원
	광파면 측정기 개발	(주)그오학	100백만원	10백만원
	초고속 자료 전송 및 저장 시스템	(주)에오티시스템	100백만원	25백만원





(2) KASI 패밀리 기업 지원 확대를 위한 노력과 성과

(가) 성과 목표 및 실적

연도	목표	실적												
2015	4개 기업 (누적)	<ul style="list-style-type: none"> · KASI 패밀리기업 8개社 운영 및 밀착 지원 <ul style="list-style-type: none"> - 패밀리기업 선정 및 지원 운영지침 제정('15.09.07.) - 주요사업 공동과제 내역 추가 - 패밀리기업 추가 발굴·선정(3개社) - KASI 패밀리기업 중 기업수요형 R&D과제 4개 수행 												
2016	6개 기업 (누적)	<ul style="list-style-type: none"> · KASI 패밀리기업(8개) 맞춤형 육성 강화 <table border="1"> <thead> <tr> <th>지원분류</th><th>기업수</th><th>지원형태</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>집중육성</td><td>1</td><td>부설연구소 운영 등</td></tr> <tr> <td>상시지원</td><td>3</td><td>기업수요형 R&D과제 수행 등</td></tr> <tr> <td>애로기술해결</td><td>4</td><td>기술자문</td></tr> </tbody> </table>	지원분류	기업수	지원형태	집중육성	1	부설연구소 운영 등	상시지원	3	기업수요형 R&D과제 수행 등	애로기술해결	4	기술자문
지원분류	기업수	지원형태												
집중육성	1	부설연구소 운영 등												
상시지원	3	기업수요형 R&D과제 수행 등												
애로기술해결	4	기술자문												

(나) 패밀리기업 지원제도 개선

① KASI 패밀리기업과 동반성장을 위한 제도정비, 인력교육 등 R&D 전주기적 지원체계 마련

구 분	주요내용	비 고
패밀리기업 제도 정비	<ul style="list-style-type: none"> · 「패밀리기업 선정 및 지원 운영지침」 제정 (2015.09.07.)을 바탕으로 체계 확립 - 패밀리기업 선정의 공정성 및 기업수요기반 원천기술 R&D 강화 - 기술료 수입 증대를 통한 수요 핵심 기술확보 등 재투자 선순환 구현 	
R&DB 사업 육성	<ul style="list-style-type: none"> · 기술이전을 통한 연구소기업 설립, R&BD 사업으로의 육성지원 계획 수립 - 2016년도 연구개발특구육성사업(대덕·광주·대구·부산·전북) 시행 공고(미래창조과학부공고 제 2016-0043호)에 대한 KASI 연관기업 육성지원 방안 수립 → 연구소기업설립 출자기술 가치평가 신청('16.06.15) - 2016년 기업수요형 R&BD 로드맵 수립 및 기술예고제 등 기술상용화 확대 (KASI홈 업로드예정) 	
인력양성 및 장비지원	<ul style="list-style-type: none"> · KIRD 출연(연) 패밀리기업 기술교육 기관 MOU 체결(2016.04.20.) - 8개 패밀리기업 간 R&D 인력교육 관련 협력체계 구축 · 패밀리기업간 보유장비 공동활용 지원체계 구축 - KASI 보유장비(ASI) ⇄ 그○광학 보유장비(MRF) 	 

② 패밀리기업 확대

① 천문우주분야 관련기업 탐색 및 기업별 기술(연구)역량 분석을 통한 지원 방안 수립

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는
연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

('15.12.18.)

- KASI 보유기술 관심기업 POOL 구축(64개 기업)
- 보유기술의 이전 가능기업 및 공동기술개발 연구수행이 가능한 중소기업 발굴(3개 기업)
- ⑤ KASI 기술교류회 확대 등을 통한 패밀리기업 홍보 및 상담 실시
 - 패밀리기업 홍보, 중소기업 지원확대를 위한 KASI 기술교류회 개최 확대
(2014년 2회 → 2015년 4회 → 2016년 7회)
 - 패밀리기업 지원 사항이 담긴 중소기업지원 브로셔 제작·배포(500부)
 - 유망 중소기업의 집중 지원을 위한 KASI 패밀리기업(8개社) 운영 확대
(2014년 5개 → 2015년 8개 기업)

구분	기업명	공동연구 분야	지원내용
집중 육성	(주)OO학	SiC 연마 관련 기술개발	· 부설연구소 입주 및 공동 활용 · 2015년 SiC 신소재 연마기술 국제공동개발 과제 수행
		광파면 측정기 개발	· 2016년 기업수요형 R&D공동수행
애로 기술 해결	(주)에OO랩	고속 CCD 카메라 관련 기술개발	· 기상레이더 시스템 설계 멘토링 · 2015년 기업수요형 R&D 공동 수행
	(주)인OO이스	GPS 가강수량 정보 관련 기술개발	· 객담도말 검경장비 개발을 위한 광학, 제어부 설계 자문
	(주)윤OO	연마공구 분야 기술개발	· 2016년 기업수요형 R&D 공동 수행
	성OO밍	전파 부품의 설계 및 성능측정 기술	· 전파 송수신 관련 부품 설계 자문
상시 지원	(주)네OO스코리아	우주방사선 관련 기술개발	· 항공기 승무원 우주방사선 모니터링 기술 애로기술 지원 · 2015년 기업수요형 R&D 공동 수행
	(주)에OO티시스템	초고속 자료 전송 및 저장 시스템 개발	· 2016년 기업수요형 R&D 공동 수행
	(주)제OO	검안기 영상처리 시스템 개발	· 2016년 기업수요형 R&D 공동 수행

③ 2016년 패밀리기업 활동내역

순 번	패밀리 기업명	지 원 형 태	기 간	상 태	활 동	지 원 분 야
1	(주)네오스 코리아	상 시 지 원	2014.12 ~2016.1 2	졸 업	-2015년 기업수요형 R&D -연구소기업 발족	- 우주방사선
2	(주)인오이스	애 로 기 술	2014.12 ~2016.1 2	연 장	- 기술이전 1건	- 영상전자제어, 우주방사선
3	(주)윤오	상 시 지 원	2014.12 ~2016.1 2	연 장	-2015년 기업수요형 R&D - 기술이전 1건	- 광학계설계, 연마공구
4	(주)에오랩	상 시 지 원	2014.12 ~2016.1 2	연 장	- 2014년 연구회멘토링사 업 - 2015년 연구회멘토링사 업	- CCD 머신비전, RADAR
5	(주)그오학	집 중 지 원	2014.12 ~2016.1 2	연 장	- 기술이전 1건 - 2016년 기업수요형	- 광학 연마기술, SIC 연마기술
6	(주)성오밍	애 로 기 술	2015.12 ~2017.1 2	신 규	- 연구회 - 멘토링사업 수행	- 전파송수신 관련 부품 설계
7	(주)에오티 시스템	상 시 지 원	2015.12 ~2017.1 2	신 규	- 기술이전 1건	-영상전파신호처리, 영상전자제어
8	(주)제오	상 시 지 원	2015.12 ~2017.1 2	신 규	- 2016년 기업수요형 R&D	- 영상전자제어

④ 기술자문 및 애로기술 해결

① 실시간 기술자문을 위한 원내 중소기업 부설연구소 운영

- (지원사항) 은퇴과학자를 통한 부설연구소 애로기술 해결, 부설연구소 직원들과의 월례회의를 통한 지원방안 발굴, 연구공간, 통신, 전기 등 제반시설 공동활용 등
- (주요성과) 연구장비 공동활용을 통한 구매비용 절감(약 15억원), 미래부 중소기업 협력 우수사례로 선정 등

※ ASI 장비활용실적 : '14년 6,823건 → '15년 9,980건 → '16년 4,548건(10월15일 까
지)

② 패밀리기업 및 중소기업 애로기술 해결 및 기술자문

- 테크노닥터를 통한 1:1 맞춤형 기술자문 및 애로기술 해결('14년 2건, '15년 14건, '16년 8건)
- KASI 홈페이지 및 미래부 기업공감원스톱서비스 활용을 통한 기술자문 적극 대응

(3) 기술교류회 확대를 위한 노력과 성과

(가) 성과 목표 및 실적

연도	목표	실적			
2015	2건	KASI 기술교류회 개최(4회)			
		- 정부 지원사업 정책방향, 대내외 중소기업 기술현황 공유 등			
		구분	일 자	기관수	참석자
		1차	'15.03.17.	9개	24명
		2차	'15.05.19.	8개	31명
		3차	'15.11.23.	6개	14명
2016.08.	2건	· KASI 기술교류회 개최(8회)			
		구분	일 자	기관수	참석자
		1차	'16.01.26.	9개	40명
		2차	'16.03.21.	10개	21명
		3차	'16.05.17.	9개	14명
		4차	'16.05.20.	8개	19명
		5차	'16.06.21.	7개	18명
		6차	'16.07.05.	5개	12명
		7차	'16.08.16.	6개	16명
		8차	'16.10.19.	4개	12명

(나) 기술교류회의 정례화

천문우주분야 중소기업과 공동 기술개발과 성과창출을 위한 기술교류회 개최

- ① 분기별 기술교류회 정례화
- ② 패밀리기업 육성지원을 위한 상시 기술교류회 개최(2회)
- ③ KASI 핵심 기술소개 및 중소기업 수요기술 발굴 등 기술사업화를 위한 기술교류회 개최 확대('14년 2회 → 15년 4회 → '16년 8회)

구분	일 자	주요내용	기관수	참석자
'15년 (4회)	2015.03.17.~ 2016.03.18.	· 원천기술개발 및 기술사업화 연계방안 협의	9개	24명
	2015.05.19.	· 2015년 기업수요형 R&D과제 발표(Seed형 과제 포함)	8개	31명
	2015.11.23.	· 창조경제 관련사업 및 연구소기업 소개	6개	14명
	2015.12.08.	· 천문우주관련 기업별 역량분석 및 사업화 방안	14개	51명
'16년 (8회)	2016.01.26.	· 패밀리기업 및 테크노닥터 기술 교류, 기술이전 조인식	9개	40명
	2016.03.21.~ 2016.03.22.	· 기업 수요형 R&D과제 주제 발표 및 기술 협력 도출	10개	21명
	2016.05.17.	· 패치형 소형레이더 기술교류 및 기술사업화 기획 회의	9개	14명
	2016.05.20.	· 챌린지 플랫폼 참여를 위한 우주방사선 기술이전 논의	8개	19명
	2016.06.21.	· 광학 및 영상센서 활용기술 교류 및 기술사업화 기획 회의	7개	18명
	2016.07.05.	· 패치형 소형 레이더 기술 집중지원 워크숍	5개	12명
	2016.08.16.	· 광학 및 영상센서 기술 집중지원 워크숍	6개	16명
	2016.10.19	· 패치형 소형 레이더 기술 집중지원 워크숍	4개	12명

(다) 기술교류회 내실화

KASI 기술교류회의 내실화를 위한 운영방식 개선 및 유관기관 참여 확대

- ① 유관기관 전문가 초청을 통한 대외 정보교류 및 협력 강화
- ② KASI 보유기술에 대한 관심기업 발굴
- ③ 2014년 천문우주 관련 기술교류에서 '15년 천문우주기업 컨설팅, 기술이전 및 사업화 공동기획 등 역할 확대
- ④ 행사 세부 프로그램 중 외부 성공사례 탐구를 통한 시사점 분석
- ⑤ 표준(연) 쿼트예산을 이용한 중소기업지원 정책 소개 등 타기관 성공사례 벤치마킹(3건)

구분	주요 내용
중소기업 간 기술교류 및 지원사업 활성화	<ul style="list-style-type: none"> · 테크노닥터-기업-유관기관 사업화 정보 공유를 위한 네트워킹의 장 마련 <ul style="list-style-type: none"> - 연구회, 연구개발특구진흥재단, 중소기업청 사업 설명 · 원천기술개발 및 사업화 협의 <ul style="list-style-type: none"> - 천문우주 관련기업 분석 특강, KASI 보유기술 가치평가 소개 및 관심기업 발굴 · 특허 및 기술사업화 상담, 중소기업 인재양성위한 UST 계약학과 소개 · 외부 성공사례 탐구를 통한 시사점 분석
중소기업 및 유관기관 참여도 제고	<ul style="list-style-type: none"> · 기업맞춤형 R&D 참여를 위한 중소기업 참여도 제고('14년 4개 → '16년 12개 기업) <ul style="list-style-type: none"> - 그○광학, 인○페이스, 윤○, 네○시스코리아, 에○이랩, 에○이티시스템, 제○스, 성○포밍(패밀리기업 8개) 라○하제전자솔루션, (주)아○트릭스테크놀로지, IOno-IT, 제○텔정보통신 (패밀리기업 외 4개) · 기술사업화 자문 및 중소기업 지원 사업을 위한 유관기관 참여('16년 신규 6개 기관) <ul style="list-style-type: none"> - 국가과학기술연구회, 중소기업청, 장한특허법인, 연구개발특구진흥재단, UST, 정국제특허법률사무소, 대전테크노파크, 한국표준과학연구원, 해솔국제특허법률사무소, 이-버드국제특허법률사무소, (주)유라스텍, (유)로우파트너스

(4) 연구장비 관리 및 공동활용 활용률 개선

(가) 추진배경

연구장비의 전주기적 관리를 위한 선진화된 관리체계 및 공동활용 운영 시스템 미비

- 전주기 연구장비 관리시스템 구축을 통한 장비 이력관리 강화, 연구장비 공동활용 확대를 위한 유휴, 저활용 장비 최소화, 연구장비 공동활용 활용률 확대 추진

(나) 성과 목표 및 실적

연도	목표	실적
2015년	58%	<ul style="list-style-type: none"> · 연구장비 공동활용 활용률 71.8% 달성 <ul style="list-style-type: none"> - 목표대비 13.8% 초과달성 - 연구장비 도입심의 시 공동활용 여부 점검
2016년	59%	<ul style="list-style-type: none"> · 연구장비 공동활용 활용률 70.1% 달성 <ul style="list-style-type: none"> - 목표대비 11.1% 초과달성 - 공동활용 허용대상 재정비 및 대상 발굴

※ 공동활용 활용률 : (공동활용 장비수/전체 장비 수) x 100

(다) 연구장비 실태조사 대응 및 전담운영인력 육성

연구장비 장비담당관 추가 지정 및 전담역할 부여('15년 1명→'16년 2명)

- ① 신규 연구장비담당관 성명/소속 : 남OO (중소기업협력센터)
- ② 신규 연구장비담당관 주요 역할
 - 공동활용 실적 관리
 - 공동활용 기반 마련
 - 연구장비 집적화 이행

(라) 연구장비의 특성을 고려하여 집적화 추진

- 대형 연구시설(광학·전파 천문장비)과 특성화형 집적장비(우주 천문장비)로 구분
- 타 출연(연) 및 중소기업과 공동으로 활용할 수 있는 광학 측정 장비를 분류하여 광학측정 서비스 제공

순번	연구시설장비 집적화명	단독활용(점)	공동활용(점)	총 합계(점)
1	한국우주전파관측망	10	67	77
2	광학천문연구시설	14	23	37
3	우주환경예보센터	10	20	30
4	우주측지용 레이저 추적시스템	8	3	11
5	천문자료전산처리실	2	0	2
6	GPS 수신시스템	1	25	26
7	우주과학실험실점	1	6	7
8	우주물체 전자감시 시스템	13	0	13
9	고천문관측기기	0	1	1
전체 시성장비 수		59	145	204

(마) 연구장비 공동활용 활용률 개선을 위한 노력과 성과

① 연구장비 공동활용 관리체계 개선

- ① 장비심의회의를 통한 단독활용·공동활용 장비심의 강화
 - 단독활용 시 사유제출 및 심층심의 등 공동활용 여부 집중 심의를 통한 공동활용 활용률 제고
- ② KASI 연구장비의 특성을 고려하여 집적화 추진
 - 대형 연구시설(광학·전파 천문장비)과 특성화형 집적장비(우주 천문장비)로 구분
 - 타 출연(연) 및 중소기업과 공동활용할 수 있는 광학측정 장비를 분류, 광학측정 서비스 제공

② 대내·외 공동활용 네트워크 구축

- ① 연구장비 공동활용 활성화를 위한 대외 협력 네트워크 구축 및 장비정보 공개
 - 장비활용종합포털(ZEUS)을 활용하여 연구장비 정보 공개(185건)
 - 기업공감원스톱서비스 애로기술 및 장비활용 접수 및 응대(3건)
- ② 연구장비 공동활용 네트워크를 통한 공동활용 건수 증가('14년 142건 → '15년 162건)
 - 장비활용종합포털(ZEUS)을 통한 연구장비 공동활용 신청접수 증대
 - 중소기업 부설연구소 유치를 통한 연구장비 공동활용

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

- 비구면 측정기(ASI) 사용일수 280일, 총 측정건수 9,980건('15년 기준)

③ 공동활용 활용률 제고

④ 연구장비 공동활용 활용률 개선을 위한 내부논의 강화

- 공동활용 장비 발굴을 위한 NTIS 등록 장비에 대한 전수조사 실시('15.10.20.)
- 연구장비 공동활용 활용률 개선 논의 및 신규 허용장비 발굴(2점)을 위한 연구담당자 실무회의 개최('16.06.)

⑤ 연구장비의 활용률 제고를 위한 공동활용 활용률 유지('15년 71.8%→'16년 70.1%)

- 연구회 주관 출연(연) 공동 연구장비공동활용지원단 참여(8회)
- 연구부서와의 협의를 통해 신규 공동활용 허용장비 대상 발굴(2점)

구분	전체	단독활용장비(점)	공동활용장비(점)	공동활용화율(%)	비고
'15년	195점	55점	143점	71.8%	공동활용 활용률 70% 수준 유지
'16년	204점	61점	140점	70.1%	

(5) 기술사업화 활성을 위한 연계 육성사업을 위한 연구소기업 설립 추진

(가)추진배경 및 목적

- 「한국천문연구원 정관」을 근거로 천문우주과학 분야 연구개발 성과 확산을 통한 공공연구기관의 사회적 책임 수행 및 창조경제 기여

<한국천문연구원 정관 제2조>

제2조 (목적) 연구원은 「과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」(이하“법”이라 한다) 제8조 제1항에 의거 설립되었으며, 천문우주과학의 연구개발을 종합적으로 수행하고 그 성과를 확산하여 천문우주과학의 국가적 발전을 달성하는 것을 목적으로 한다.

- 기술사업화 경로의 다양화를 통한 기술사업화 확대를 천문우주과학 분야 산업 경쟁력 강화
 - 라이선싱 중심의 획일적인 기술사업화 방식에서 탈피하여 천문(연)이 직접 연구소기업의 설립과 운영에 참여하고, 이를 통한 기술사업화 성공률 제고

<연구소기업의 정의 및 운영>

(정의) 공공연구기관의 기술을 직접 사업화하기 위하여 특구 안에 설립된 기업으로서 공공연구기관이 연구소기업의 자본금 가운데 20% 이상의 주식(지분 포함)을 보유한 기업
(운영) 공공연구기관은 기술출자(라이선싱), 연구소기업 운영은 기업이 담당하며, 영업이익은 지분에 따라 배당

(나)천문(연)고유임무와의 연계성

- 태양영상 및 광학천문관측 사업 수행에 따른 파생기술 사업화

천문(연) 고유임무 : 광학천문
·영상 광학계 설계 및 제작기술 ·영상·전자 제어기술
주요사업
·태양영상관측 ·광학천문관측

⇒

연구소기업 출자기술
다양한 이미지센서를 지원하는 머신비전 시스템
기술시장
저조도 머신비전 특화된 안광학 및 의학 분야

- 우주환경 및 우주방사선 사업 수행에 따른 파생기술 사업화

천문(연) 고유임무 : 우주천문
·우주방사선 측정기술 ·우주방사선 환경
주요사업
·우주환경 ·우주방사선

⇒

연구소기업 출자기술
광대역 조직등가비례계수기 및 이를 이용한 계수방법
기술시장
항공기승무원 모니터링

(다) 추진경과

- 2016.01.25. / 2016.01.27. (주)네오시스코리아 / (주)아이트릭스테크놀로지 기술이전을 위한 비밀유지의무 계약(NDA) 체결
- 2016.01.26. 기술교류회 개최 및 기술이전 협약 체결
 - 기술교류회 프로그램의 일환으로 연구소기업 제도 소개(연구개발특구진흥재단)
 - (주)네오시스코리아 및 (주)아이트릭스테크놀로지와 기술이전 협약 체결
 - ↳ 연구소기업 제도 소개에 따른 연구소기업 설립 관심 표명
- 2016.01.~2016.05. 연구소기업 설립 논의
 - (주)네오시스코리아는 자회사인 네오라드를 통한 합작투자형1)으로 결정
(기술명) 다양한 이미지센서를 지원하는 머신비전 시스템
 - (주)아이트릭스테크놀로지는 기존기업 기술출자형2)으로 결정
(기술명) 광대역 조직등가비례계수기 및 이를 이용한 계수방법

<연구소기업의 설립유형>

- 1) 합작투자형 : 연구기관과 기존 기업이 기술과 현금 등을 공동출자하여 새로운 기업을 설립하는 형태
- 2) 기존기업 기술출자형 : 연구기관이 기존기업에 기술 등을 현물출자하여 기존기업을 연구소기업으로 전환하는 형태
- 3) 신규창업형 : 연구기관과 신규창업자가 기술과 현금 등을 공동 출자하여 새로운 기업을 설립하는 형태

- 2016.05.30. (원장보고) 연구소기업 설립을 위한 기술가치평가 추진
- 2016.06.15. 연구개발특구진흥재단에 기술가치평가 신청
- 2016.08.22. / 2016.08.29. 기술가치평가 결과 접수

접수일자	기술명	기술가치평가액(유효기간)
2016.08.22.	다양한 이미지센서를 지원하는 머신비전 시스템	88백만원(2017.02.22.)
2016.08.29.	광대역 조직등가비례계수기 및 이를 이용한 계수방법	71백만원(2017.02.28.)

- 2016.09.30. 연구소기업 설립을 위한 전문가 자문회의 개최
 - 기업 의견 : 기술가치평가액 대비 기업의 투자 증가에 따른 우려
 - 전문가 의견 : 기업의 여건을 반영, 연구소기업 설립 시 천문(연)은 기술가치평가액의 50% 수준만 현물출자하고, 나머지 50%는 유상증자 시 추가 출자 가능
- 2016.10.12. 연구소기업의 지분 및 자본금 확정

기술명	출자내역				자본금
	출자자	형태	지분(%)	출자금액	
다양한 이미지센서를 지원하는 머신비전 시스템	한국천문연구원	현물	37.5	45백만원	120백만원
	(주)아이트릭스테크놀로지	현금	62.5	75백만원	
광대역 조직등가비례계수기 및 이를 이용한 계수방법	한국천문연구원	현물	30.0	36백만원	120백만원
	네오라드	현금	70.0	84백만원	

- 2016.10. : 연구소기업 설립을 위한 연구업무심의회 통과
- 2016.11. 중 (예정) 법원 등기 완료 및 연구소기업 설립

(다) 기대효과

- 천문(연) 주요사업을 통해 축적된 기술과 기업이 축적해 온 경영자원의 활용으로 사업화의 불확실성과 위험 최소화
- 기술출자를 매개로 천문(연)과 연구소기업 간 긴밀하고 지속적인 협력 네트워크 구축
- `연구개발→기술출자→사업화→연구개발 재투자'로 이어지는 선순환 체계 구축으로 천문(연) 고유임무 수행 역량 강화

출자기술	기대효과
다양한 이미지센서를 지원하는 머신비전 시스템	·국제우주정거장용 태양코로나그래프 사업의 영상센서 기술개발 ·천문관측 및 측정기술 발전에 활용 - 스펙클 카메라, 파면센서 등
광대역 조직등가비례계수기 및 이를 이용한 계수방법	·근지구 관측을 위한 편대비행 큐브셋 사업 - 우주방사선 환경 측정

3. 연구성과

가. 당해연도 연구성과 목표 및 달성도

(단위 : 편, 건, 명, 천원)

구분		1차년도(2016년)	
		목표	실적
국외논문 게재	SCI	1	1
	비SCI		
	계	1	1
국내논문 게재	SCI		
	비SCI		
	계	1	1
특허출원	국내	1	1
	국외		
	계	1	1
특허등록	국내	0	1
	국외		
	계	0	1
기술료 실적	계약건수	2	2
	계약액		
	징수액	29,000	29,000

나. 논문게재 성과

게재 연도	논문명	저자명			학술지명	Vol.(No.)	국내/국외 구분	SCI 구분 (Y/N)	Impact Factor
		주저자	교신저자	공동저자					
2016	Experimental results from an X-ray imaging crystal spectrometer utilizing multi-wire proportional counter for KSTAR	S.G.LEE		J.W.Yoo Y.S.Kim U.W.Nam M.K.Moon	Review of Scientific Instruments	87(11)	국외	Y	1.614

다. 특허 성과

(1) 출원특허

출원연도	특허명	발명자명	출원인	출원국	출원번호	활용형태
2016년	탄소섬유강화플라스틱(CFRP) 반사경 제작용 금형장치	김영수, 장정균 남옥원, 김지현 한정열, 나자경	한국천문 연구원	대한민국	10-2016-0045668	

(2) 등록특허

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는
연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

등록연도	특허명	발명자명	등록인	등록국	등록번호	활용형
2016	방사선 측정센서용 트랜지스트의 제조방법	이대희 남옥원 이재진 김성환 이완규	이대희	대한민국	제10-167 60650호	

라. 기술료 징수 현황

(단위 : 천원)

최초 기술실시 계약연도	기술실시 계약명(기술이전명)	상대기관 (국가)	기 징수액	당해연도 징수액	향후 징수액	합계
2016년	곡면 연마가 가능한 대형 미러 연마장치	대한민국	-	5,000	-	5,000
2016년	SiC 소재의 TIF획득 및 분석 기술	대한민국	-	24,000	-	24,000

마. 기타 성과

(1) 수상실적

수상명	시상기관	시상국가	수상사유	수상년월 (YYYY,MM)	소속기관	수상자명
표창장	미래창조과학부	대한민국	산·학·연 협력 분야에서 정부출연연구기 관의 성과제고와 과학기술의 발전에 이바지한 바가 크므로 이에 표창	2016.01.28	한국천문연구 원	한국천문연 구원

(2) MoU 체결 : 테크노닥터의 기술교육

체결년월 (YYYY,MM)	체결명	MoU 체결기관	MoU 체결 대상국
2016.04	출연(연)패밀리기업 R&D역량교육	KIRD (국가과학기술인력개발원)	대한민국

바. 성과의 질적 우수성 서술

- 중소기업기술자문 및 애로기술해결의 지속적 노력
- KASI 패밀리 기업 지원 확대를 위한 노력과 성과
- 출연(연) 산·학·연 협력 우수기관으로 미래부 표창 ('16.01.28.)
 - 산·학·연 협력 분야에서 정부출연연구기관의 성과제고와 과학기술의 발전에 이바지한 바가 크므로 이에 표창
- 천문우주분야 중소기업과 공동 기술개발과 성과창출을 위한 기술교류회 확대 ('14년 2회 → 15년 4회 → '16년 8회)
- 연구장비 관리 및 공동활용 활용률 개선
2016 연구장비 공동활용 활용률 70.1% 달성 (목표대비 11.1% 초과달성)
- 기업수요형 공동기술개발사업 운영을 통한 기술이전 실적 제고
- 한국천문연구원 연구소기업 1호 및 2호 추진 (2016.12 법원등기 완료 및 미래부 승인)

4. 연구수행에 따른 문제점 및 개선방향

- 중소기업 지원 관련 기술인력이 절대적으로 부족한 상황이므로, 천문연 기술인력을 테크노닥터 제도를 도입함으로써 기술인력 풀을 만들
- 테크노닥터들의 기술 자원을 기업에 멘터 및 원천기술 개발로 유도함.
- 한편, 천문연구원이 보유하고 있는 특허는 기업의 수요와는 거리가 있어 직접적인 기술이전이 어려운 문제가 있음. 이에 따라 천문관련 패밀리기업을 선정하고, 이들 기업의 기업 수요와 테크노닥터의 기술적 연계가 가능한 기업 수형 R&D과제 도출을 하여 원천기술 개발 및 기술이전을 수행하고 있음.
- 이 기술들은 향후 천문연이 필요한 핵심 기술과 연계되기 때문에 기업으로 이전된 기술은 천문연의 주요사업의 외부지원으로 활용할 수 있도록 노력하고 있음.
- 적극적인 기술이전 및 기술사업화의 노력 일환으로 천문연구원 연구소기업 1호 및 2호 설립을 추진하고 있음. 이를 통해 연-산 상생의 노력을 하고 있음.

○ 중요 연구변경 사항

- 당초 시드형과제에서 중소기업 운영 부분의 예산 1억이 표시가 되도록 예산팀의 권고에 따라 중소기업 운영 및 시드형과제로 분리하여 과제를 편성하였음
- 이에 따라 소규모 과제를 분리함으로써 두 과제 목표의 중복성과 모호성 때문에 관리가 어려워 졌음.
- 또한 중간평가 결과 “센터운영이라는 제목의 과제보다는 다른 형태의 과제에 편성하는 것이 바람직하지 않을지 재검토가 필요함”이라는 코멘트를 존중하여 2017년부터 중소기업운영과 시드형과제를 합쳐서 운영하기로 함.

세부과제 2. 중소기업 시드형 기술개발 과제

(가) 연구개요 및 필요성

(가)-1 연구 개요

① 우주방사선 제작용 A-150 구형(spherical type) TEPC 제작

TEPC(Tissue Equivalent Proportional Counter)는 우주방사선을 모니터링하는 검출기로써, 우주정거장 및 항공기 승무원 모니터링을 위해 개발된 우주방사선 검출기이다. 최근 생활환경방사선 보호법에 따른 항공기 승무원의 우주방사선 모니터링 및 인류의 심우주 탐사에 있어서 우주방사선 모니터링은 필수적인 장비이다.

우주방사선 검출기 형태는 구형(Spherical) 형태이며, 구의 가운데로 양극선을 설치하고, 음극은 피부등가물질 플라스틱으로 구성되어 있다.

TEPC는 우주용이 아닌 지상용으로 활용될 경우 감마-중성자 혼합장에서 탁월한 기능을 발휘하고 있으며, 항공기승무원 모니터링장비로 활용될 수 있다. 이 장비는 기술사업화 단계에 있으며, 이 경우 우주용보다는 감도가 높아야 하며, 휴대성을 위해 배터리 모드로 동작되어야 한다. 감도를 높일 경우, 구형 TEPC는 감도가 표면적에 비례하므로 자연히 부피가 커져서 실용성이 떨어지게 된다.

② 패치형 안테나를 이용한 소형 물체 검출 시스템 개발

CSR(Compact Surveillance Radar)는 일반적으로 군사, 민수분야 사용되는 레이더 시스템을 소형, 경량화하여 드론(Drone)과 같은 소형 항공물체의 일상 생활환경 내에서 감시, 추적을 목적으로 한다. 따라서 이러한 목적의 레이더 송수신 안테나는 경량화가 가능하고 위상배열 방식을 이용하여 beam-steering이 가능하여야 한다. 마이크로 스트립 패치 배열 안테나는 이러한 목적에 잘 부합하는 안테나이다. 비록 공진구조를 이용하는 방식이어서 협대역이라는 단점이 있지만 제작비용이 적게 들고 평면구조여서 설치가 용이한 장점이 있다. 또한 다수 안테나 요소(Antenna Element)를 배열방식으로 사용하고 각각의 안테나 요소 위상을 조절하여 안테나 빔패턴 방향을 전자적 방식으로 비교적 손쉽게 조종할 수 있다.

극 미광의 천체관측연구에 적용되는 우주전파 신호처리 및 위상배열 안테나 설계·제작 기술을 적용하여, 이러한 마이크로스트립 패치 배열 안테나를 자체 설계·제작하고, 이를 이용한 소형 물체 검출 시스템을 개발하고자 한다.

개발하고자하는 소형 물체 검출 시스템과 기술들은 초고속 극미약 신호 탐지가 요구되는 다양한 산업 및 민수 분야에 활용할 수 있다. 패치형 위상배열 안테나 기술 확보로 향후 레이더 우주감시체계, 성층권 연구, 그리고 레이더 천문학 연구 등의 분야에 응용할 수 있고, 또한, 시스템을 구성하는 핵심 부품들인 패치형 안테나, 전파 송수신 신호처리 모듈 등의 국산화를 통하여 부품의 해외 의존도를 낮추고 가격 경쟁력을 가질 수 있을 것으로 기대한다.

③ 적응광학 기술

적응광학 시스템은 1미터 이상의 천문 망원경에서는 필수적인 장비가 되고 있고, 이 기술은 천문 망원경 이외에도 다양한 산업에도 적용이 되고 있다. 천문연구원은 이 기술의 자체 개발 가능성을 위해 적응광학의 세계적인 추세를 답습하고 동향을 파악하기 위해 국제광학 학술 대회 중 하나인 Optical Society of America (OSA)에 참석하였다. 이 학술대회

에서는 보현산 망원경에 장착 할 수 있는 적응광학 시스템의 수치 모사에 관련된 내용을 구두 발표 하였다. 이 외에도 적응 광학을 이용하거나 응용하여 중소기업에 도움이 될 만한 정보를 수집하여 전달함으로써 중소기업에 지원할 수 있는 연구 수행을 하게 되었다.

④ 카본파이버 미러 개발

가볍고 깨지지 않은 신소재인 카본파이버를 이용하여 망원경과 우주용 반사경을 개발한다. 반사경 모양의 구면 몰드를 이용하여 카본파이버 미러의 원기를 제작하고, 그 표면에 니켈 코팅을 할 수 있는 기술을 개발한다.

(가)-2 연구 필요성

① 우주방사선 제작용 A-150 구형(spherical type) TEPC 제작

우주방사선 측정 기술은 기술이전이 되어 연구소기업으로 기술 출자될 예정이다(p57 ~ p59). 기술사업화가 성공하기 위해서 상용화 단계의 추가 기술개발의 지원이 필요한 상황이다.

상용화 단계로 발전하기 위해서는 우주방사선 측정장비는 제작이 저렴하고, 안정성이 높으며, 휴대성이 용이하도록 compact 형이 되어야 하면서도, 감도 또한 높아야 한다. 이러한 점을 감안하여 차세대형 TEPC 모델을 고안하였으며, 이를 근거로 특허 2건을 출원된 바 있다. 따라서 사업화 성공을 지원하기 위하여, 양산을 위한 추가연구와 이를 검정하기 위한 시험, 그리고 양산화를 통해 제작단가를 줄이기 위한 금형 제작 연구가 필요하다.

② 패치형 안테나를 이용한 소형 물체 검출 시스템 개발

- 드론의 대중화와 성능 향상으로 인한 사회 문제화
 - 국내에서도 드론에 대한 개발과 활용에 대한 연구는 활발 (KEIT PD Issue Report 2014, 2015)
 - 불순한 의도를 가지는 정찰용 카메라 및 탑재물을 장착한 드론의 등장
 - 산업 현장 및 민간에서도 드론의 감시·추적 필요성 제기
 - 산업 및 민수용을 위한 감시·추적 기술의 한계 : 국내 기술 미비, 경제성 있는 소형 드론 감시 시스템 부재
- 대구경북과학기술원의 드론 전파 탐지 시스템(2015)
 - 최초의 보고된 개발 사례로 단일 방향 패치 안테나 2기로 구성되어 있으며 부피가 크며 고가임
 - 추적 및 영상 확인용 카메라 없음
 - 병렬처리 알고리즘을 적용하였음



그림 1. 대구경북과학기술원(Daegu Gyeongbuk Institute of Science

and Technology, DGIST) 연구진이 개발한 도심형 저고도 레이더

- 이제 시작 단계로 보이는 국내 드론 탐지 관련 기술은 개발 사례 적음
예) 드론 탐지에 필요한 소형 레이더 기술 중 안테나기술, 파워앰프기술, 드론 식별에 필요한 영상 판독 센서기술 등
- 세계 최고 수준의 극미광 천체의 전파신호 처리기술을 심화하고, 패치형 위상배열 안테나 기술 확보로 향후 레이더 우주감시체계, 성층권 연구, 그리고 레이더 천문학 연구에 적용할 수 있음.

③ 적응광학 기술

적응광학 기술은 천문, 국방, 그리고 의료 분야에서 많이 응용되어 사용이 되고 있다. 그러나 이 기술의 복잡성 때문에 중소기업에서 접근하기 쉽지 않다. 이런 기술을 간단하게 모듈화 하는 작업이나 쉬게 해석할 수 있게 한다면, 중소기업에서도 이를 다른 여러 곳에 응용하거나 이용할 수 있을 것으로 예상된다. 이를 위해 해외 우수 학술대회와 기관들을 방문하여 이를 논의하고 검토하는 것이 필요하다.

④ 카본파이버 미러 개발

카본파이버 미러는 가벼우면서도 단단하여 인공위성용 반사경이나 이동용 망원경에 적격이며, 일반 망원경도 경량화하면서 취급도 용이하다. 현재 미국은 상용화 개발이 되었고, 유럽과 일본 등에서도 연구개발이 진행되고 있다. 카본파이버 미러 개발을 하여, 우주산업과 망원경 산업에 기여하고 선진국 대열에 올라선다.

(나) 주요 연구 수행 내용

(나)-1 우주방사선 제작용 A-150 구형(spherical type) TEPC 제작

(나)-1.1 상용화를 위한 검출기 구조 연구

상용화를 위해 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- 저렴하게 만들 수 있어야 한다.
- TEPC 재료가 비싸므로, 검출기는 분해조립이 가능해서 재활용이 되어야 한다.
- 단일 구조로 다양한 어레이를 만들기 위한 확장성이 있어야 한다.

이러한 점을 고려하여, Multi-Spherical-TEPC (MS-TEPC)를 고안하게 되었다. MS-TEPC는 작은 1개의 spherical TEPC를 확장형으로 구조를 만들어서 사용자가 원하는 감도에 맞추어 array형태로 감도를 확장할 수 있는 이 연구를 통해 정립된 새로운 개념의 TEPC이다. MS-TEPC는 어레이형태이면서 동작조건이 같으면서 독립적인 TEPC를 구성할 수 있기 때문에 다음과 같은 장점을 갖는다.

- 선원의 세기가 높은 경우 경우 : Single Spherical TEPC로 구성할 수 있다.
- 선원의 세기가 낮은 응용의 경우 : Array가 가능하므로 여러개의 MS-TEPC를 조립하여 감도를 높일 수 있다.
- 또한 single TEPC이면서 직경이 큰 TEPC에 비해 multi-array TEPC의 경우 항공기 탑재형의 경우 진동의 영향을 덜 받게 할 수 있을 것으로 기대된다.

MS-TEPC의 경우, 어레이를 구성하는 단위 소형 TEPC'설계가 중요하다. 이 단위 MS-TEPC는 외형이 구형이기 때문에 전기장의 세기외곡을 고려하여야하며, 이를 고려한 제작이 간단한 방식은 Benjamin 방식이다. Benjamin 방식을 고려했을 때, 에너지 분해능과 제작 가능성을 감안한 구조인자를 고려하여, 최소 크기를 내경 15.6 mm로 결정하였다.

그림 2에 형태별 TEPC 크기 비교를 하였으며 표 1은 구의표면적($4\pi r^2$)에 따른 감도 수치를 나타내었다. (a)의 경우 우주 방사선 측정 실험에서 가장 많이 활용되고 있고 감도가 가장 좋은 5인치 TEPC이다. 표면적은 $49,063 \text{ mm}^2$ 이다. (b)는 764 mm^3 의 표면적을 갖는 단일 Spherical TEPC로 5인치 TEPC-D125와 필적한 표면적을 갖도록 구성한 64개의 multi-spherical TEPC이다. 이렇게 어레이로 구성하면 검출기 하우징 및 신호처리부의 부피를 고려하면, TEPC-D125의 부피에 비해 2/3 정도의 크기로 같은 감도를 얻을 수 있다.

또한 (c)와 (d)는 D60과 27개로 구성된 multi-spherical TEPC 크기를 비교한 그림이다. 부피가 비슷함에도 불구하고 KTEPC-D60의 표면적 $11,304 \text{ mm}^2$ 에 비해 KTEPC-MS27은 $20,632 \text{ mm}^2$ 을 가지고 있으므로, 비슷한 부피임에도 약 2배 높은 감도를 가진다. 또한 내경 2인치인 KTEPC-SW2에 비하면 (표면적 : 8,103)에 비하면 2.5배 이상의 감도를 갖게 되는 장점을 가진다.

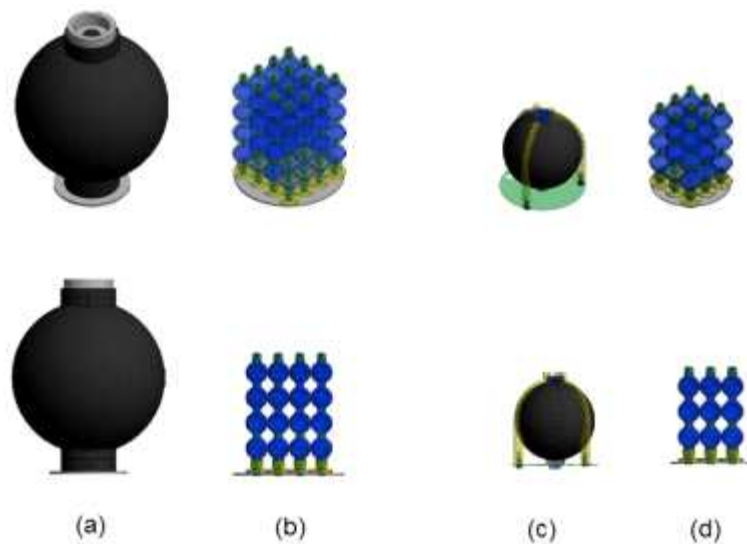


그림 2. 검출기 형태별 검출기 구조. 어레이로 구성할 경우 같은 감도를 가지지만 부피를 줄일 수 있고(그림 (a)와 그림 (b)의 비교), 같은 크기이지만 검출기 감도를 높일 수 있다(그림 (c)와 그림 (d)).

o 단일 구형 TEPC

그림 2와 같이 구형(Spherical) TEPC(Tissue Equivalent Proportional Counter)를 제작할 때, 원형 전극에 따른 가스 증폭의 불안정을 해소하기 위해 세그먼트 형태 혹은 벤자민 설계 방식(그림3)을 따른다. 구조상 벤자민 설계 방식은 금형을 통한 제작이 쉬운 장점이 있다. 이의 제작 방법에 대해 논의한다.

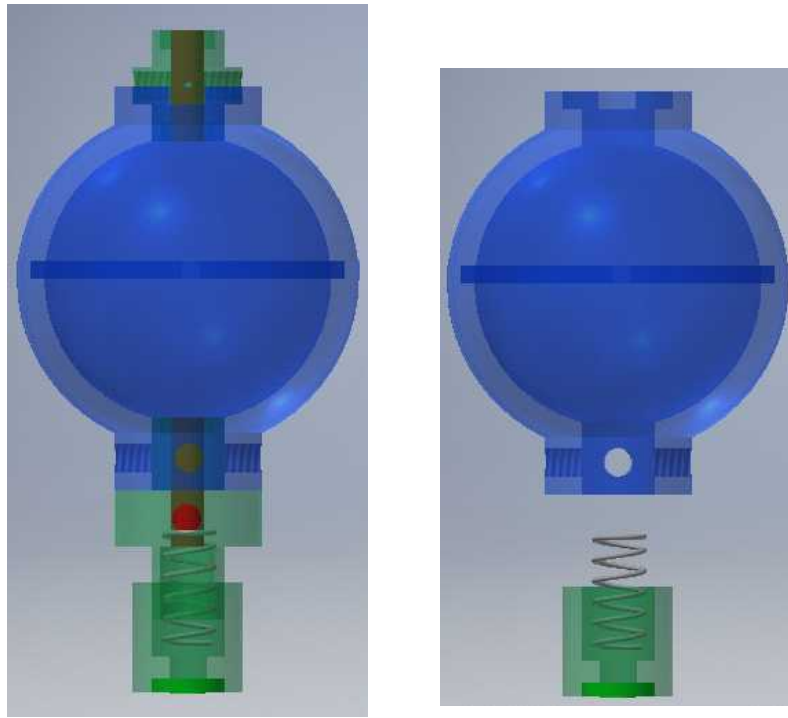


그림 3. D16 single 조립 모습

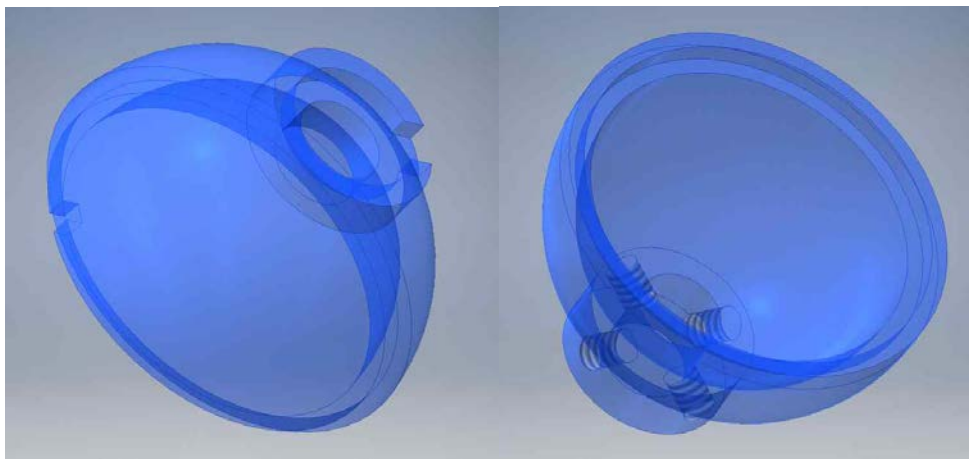


그림 4. D16의 경우 최종 가공 모습

o 금형 제작의 원리

일반적인 금형제작은 그림5에 나타내었다. 그림5의 좌측과 같이 슷금형과 암금형을 그림 4와 같이 만들어 TEPC 그래놀을 넣고 압력을 가하여 찍어 낸다. 금형 틀에서 찍어낸 TEPC는 적절히 후 가공하여 정리하면 된다. 제작된 반구는 나사산을 내어 결합되는 방식을 취하면 조립이 용이한 장점이 있다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

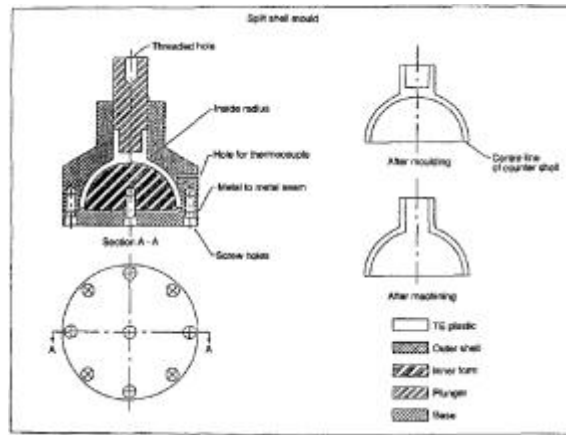
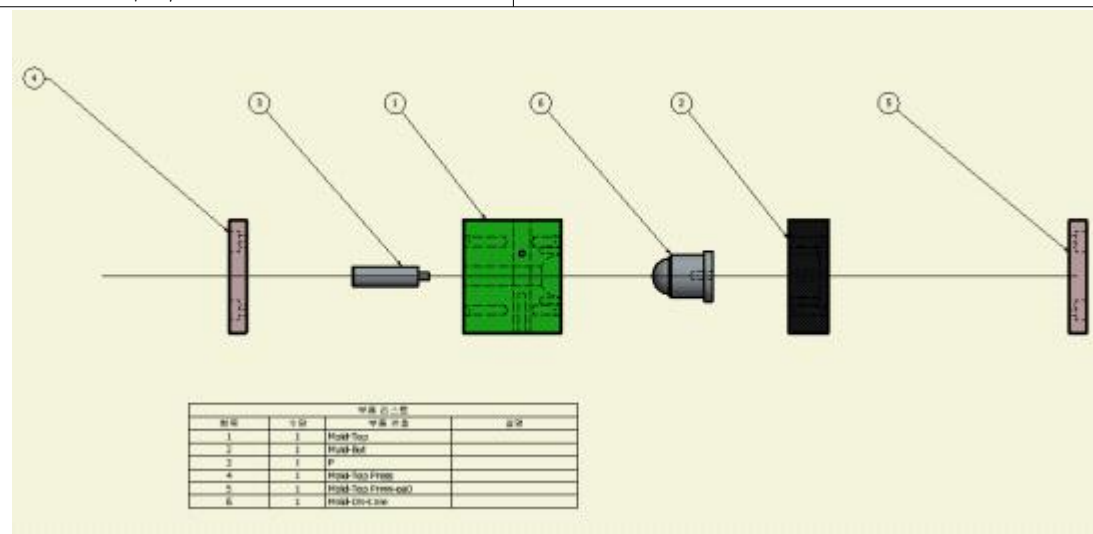


그림 5. 금형 제작 예

● Spherical TEPC D16제작용 금형

- 검출기 내경 : 15.6 mm
- 검출기 외경 : 18.6 mm
- 두께 : 1.5 mm

- 금형 재질 : 내열성 특수금속
- 온도 : 149 ~ 163 ℃ 제어 부착



● 금형 주형제작

- 주형틀을 가능한 간단하게 제작
- 중심부에 온도계 및 히터 삽입을 위한 구멍가공
- 접촉면은 밀착성이 있게하고 매끄럽게 polishing (0.02 mm)까지 할 것
- 플라스틱 수축율 (1 ~ 1.5%)를 고려하여 제작완료시 제품을 빼내기 쉽도록 가공

● 일반적 사항

- 주조작업을 통한 플라스틱 구조물의 성형은 어렵지 않으며, 거의 모든 금속주형(mould)를 사용할 수 있다.
- 주형의 최소두께 : Brass & cast iron (1.9 cm), low carbon steel (1.6cm), SST

(1.3cm), aluminium (2.5 cm)

- A150 플라스틱의 녹는점 : 149 ~ 163 °C

● 주조방식

- 주조방식은 압력 주조 및 사출주조가 있으나, Tissue Equivalent plastic의 경우 압력 주조에만 해당된다. 방식은 다음과 같다.

- (1) 계산된 질량만큼의 플라스틱 그레놀(granule)을 주형틀에 직접삽입
- (2) 개방된 주형틀의 한 쪽면으로 플라스틱을 넣고, 금속 plunger로 입구를 봉쇄
- (3) 주형 전체를 melting point(149 ~ 163 °C)까지 가열
- (4) 주형의 온도가 플라스틱의 녹는점에 이르면 밀개(plunger)를 밀어 넣어 성형
- (5) 플라스틱이 용융된 상태에서 일정 압력 유지

● 주형제작

- 주형틀을 가능한 간단하게 제작
- 중심부에 온도계 삽입을 위한 구멍가공
- 접촉면은 밀착성이 있게하고 매끄럽게 polishing (0.02 mm)까지 할 것
- 플라스틱 수축율 (1 ~ 1.5%)를 고려하여 제작완료시 제품을 빼내기 쉽도록 가공 또는 접촉면을 coating 처리

● 주조작업

- (1) 주형틀 표면을 강력세제와 물로 세척
- (2) 주형틀 건조후 표면을 releasing agent로 처리 (wiping or spraying)
- (3) 주형틀을 닫고 필요한 양만큼 (마감처리 가공을 고려하여 5~10% 초과 양)의 플라스틱을 충전
- (4) 그레놀이 주형틀 바닥까지 들어갈 수 있도록 용기에 약한 충격을 주거나 흔든다.
- (5) 주형틀 상부 목 부위까지 플라스틱이 차오르면 press와 plunger를 사용하여 봉입.
이때 plunger에는 mould release가 발라져 있으면 안됨.
(주조 중에 플라스틱 bonding 이 안됨. mould release를 사용할 경우 더 많은 플라스틱이 필요)
- (6) 용량 15,000 kg 의 소형 수압기(hydraulic press)와 주형틀 바닥과 위에 설치할 전기 히터 2대를 준비. (소형인 경우 바이스와 소형 개스 torch 사용가능)
- (7) 주조온도는 150 ~ 160 °C : 낮을 경우 유체의 유동성이 없고, 기공이 생기며, 너무 높을 경우 표면이 산화되어 연소되기 때문에 주형틀에 늘어 붙음.
- (8) press의 열가열판이 주조온도를 유지하도록 주형틀에 삽입된 온도계를 확인
- (9) 10cm 이상의 대형 주조물일 경우 heat shield를 설치 (2.5cm 알루미늄)하여 온도가 균일하게 분포하도록 한다.
- (10) 주형틀을 가열하면서 압력을 가하고 온도가 올라감에 따라 서서히 압력을 증가. 플라스틱 내의 공기가 표면으로 빠져나오고 마침내 주형틀 밖으로 나오게 된다.
- (11) 주조온도 (150 ~ 160 °C)에 도달하면 플라스틱 전체에 온도가 균일하게 분포하도록 최대압력을 가한다.
- (12) 10cm 정도의 mould의 경우 1시간 가량 주조온도 상태와 압력 유지
- (13) 주조가 이루어지는 동안 소량의 플라스틱이 넘쳐 나올 수 있으며, 이는 주형틀내 빈공간이 없이 가득차 있음을 의미. 다량의 플라스틱이 넘칠 경우 press를 뒤로 약간 빼서 압력을 낮춘다.
- (14) (12)의 1시간 정도 지속시간이 끝나면 전기히터를 끄고 주형틀의 온도가 52°C가 되면

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는
연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

압력을 해제하고 mould에서 press를 제거

(15) 주조가 완료되면 mould가 따뜻할 지라도 가급적 빨리 제거.

냉각된 채로 수 시간 놔두지 말 것. 주조물이 수축되기 시작하며 이로 인하여 crack이
생길 수 있음.)

● 플라스틱 성형 가공

- (1) 성형된 플라스틱은 가공이 용이하며, 1cm 이하의 소형 가공시, 연성 플라스틱이기 때문
에 지나친 압력을 가하면 변형될 수 있음.
- (2) 플라스틱 또는 아크릴 전용 가공기구사용
- (3) 절단속도는 가능한 빠르게
- (4) 상온에서 가공
- (5) 광택제 (polishing compound)를 사용하지 말 것
- (6) 2차 가공을 위하여 편평하지 않거나 모서리 등을 고정시키기 위하여 아크릴과 같은 보
조플라스틱을 사용.
- (7) 플라스틱의 많은 부분을 제거할 경우 가공에 들어가기 전에 2~3일 방치할 것.
- (8) connector 또는 연결부분 조립을 위하여 나사홈을 만들 때 fine thread를 만들지 말고
coarse thread로 가공할 것.

(나)-1.2. 연구의 결과

(1) 어레이 조립형 : KTEPC-MS8

MS8은 단일 Multi-Spherical TEPC를 8개로 구성된 TEPC이다. 원리적으로 성능을 확인
하기 위하여 제작되었다.

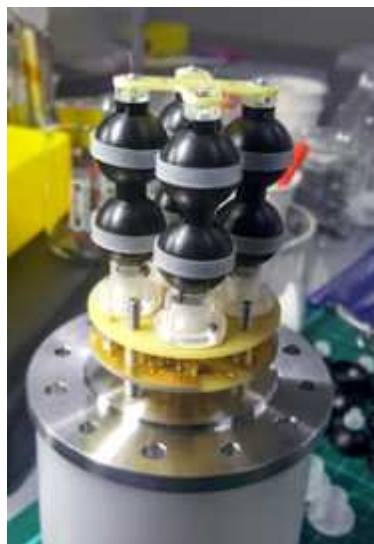


그림 6. KTEPC-MS8 조립
모습 : 8개의 Single MS-1을
이용하여 구성

(2) Am-241 알파선원 측정을 통한 성능 검정

조립된 KTEPC-MS8에 대해 Am-241 선원을 이용하여 특성을 시험하였다. 2개의 그룹
(3번, 4번) 검출기에 알파선원 Am241을 부착시켜 스펙트럼을 구한 후, 시뮬레이션 결과와 비
교하였다. 그 결과 FWHM 24.9 keV/um을 얻었으며, 시뮬레이션 값 22.8 keV/um 와 비교할
때, 양호한 결과를 보여줌을 알 수 있다.

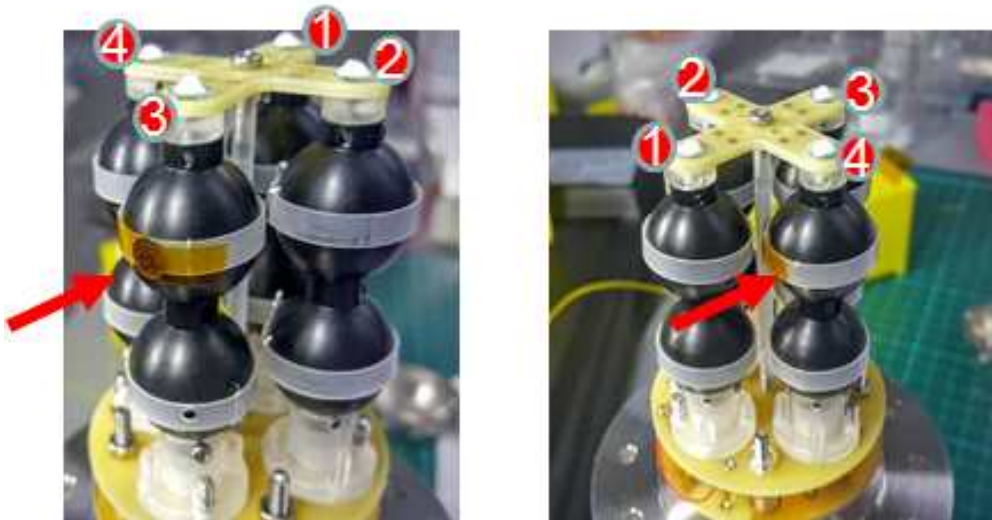


그림 7. 알파 선원의 위치, 3번, 4번 위치에 부착하였다.

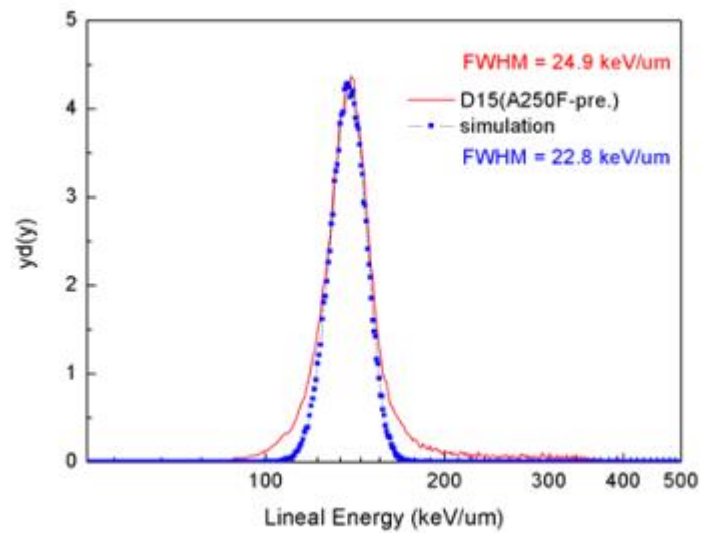


그림 8. KTEPC-MS8의 Am-241 피크의 분해능

(다) KTEPC-MS8의 감마 측정실험

Korasol에서 감마를 이용한 교정시험을 수행하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 교정 선량율은 2 mSv/hr, 측정 시간 : 100 s × 4회 조건에서 수행하였다. 측정된 마이크로도시메트리 스펙트럼(그림 9)는 안정된 모습을 보여 주었다. 최종 교정결과는 표 1과 같다.

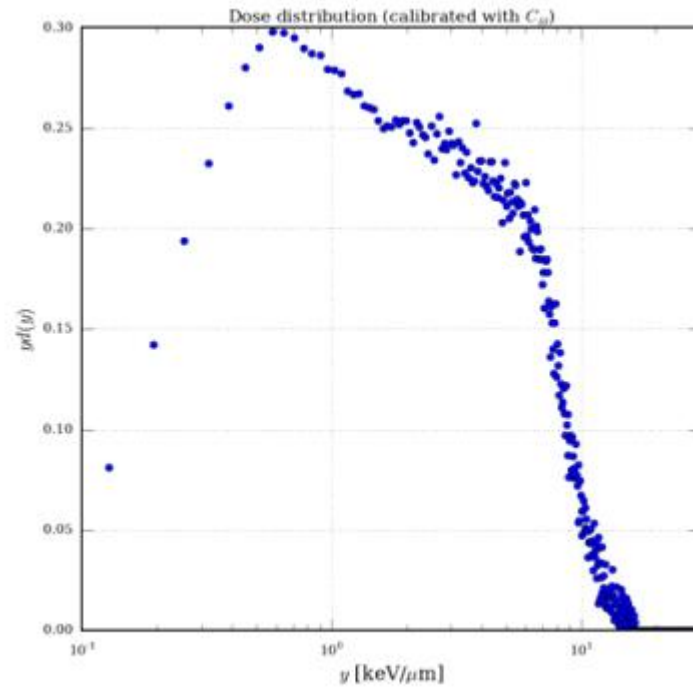


그림 9. KTEPC-MS8의 마이크로도미메트리 스펙트럼

표 1. KTEPC-MS8에 대한 감마 교정시험 결과

Detector	LET	LET calib. factor (keV/ μ m-CH)	dose calib. factor
KTEPC-MS8	low LET	0.0575	0.0256
	high LET	1.14	0.0229

(4) 방향성 시험

KTEPC-MS8은 배열 구조상 방향의존성의 왜곡이 있을 것을 생각되었다. 이를 검정하기 위해 KTEPC-D60, KTEPC-SW2와 같은 방법으로 감마선원을 이용하여 방향의존성을 측정하였다. 측정 결과는 그림 10, 그림 11에 나타내었으며, 방향에 따른 분산은 4.6% 정도였다. 이 값은 KTEPC-D60 4.8%, KTEPC-SW2 7.1% 이었으며, 양호한 결과를 얻었다.

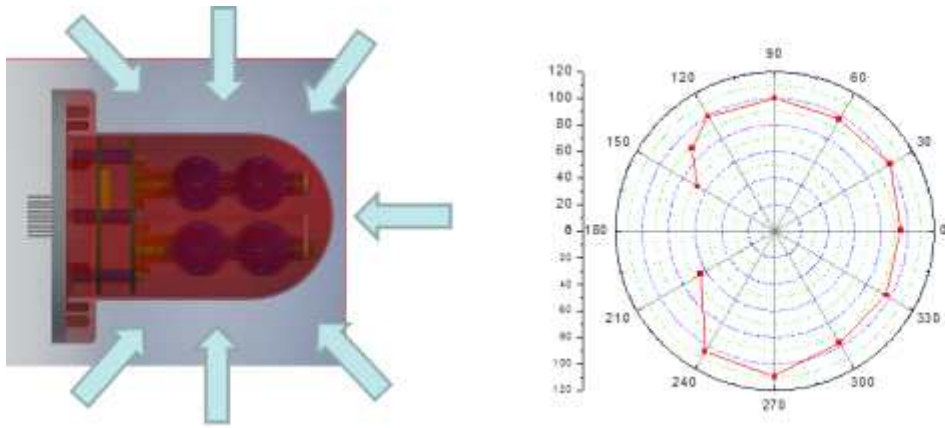


그림 10. KTEPC-MS8의 방향 의존성 시험. 왼쪽그림은 검출기의 Z-축 방향

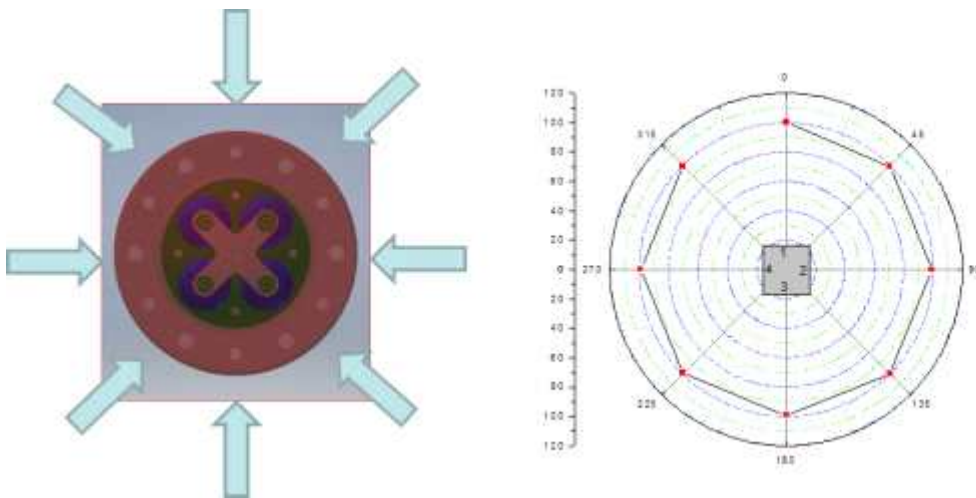


그림 11. KTEPC-MS8의 방향 의존성 시험. 왼쪽그림은 검출기의 X-축 방향

(나)-2 패치형 안테나를 이용한 소형 물체 검출 시스템 개발

(나)-2.1 CSR(Compact Surveillance Radar)용 마이크로스트립 패치 배열 안테나 개발

일반적으로 단일 마이크로스트립 패치 안테나는 안테나 이득(Gain)이 낮으므로 특수한 경우가(넓은 안테나 빔폭이 필요한 경우) 아니면 2차원 평면에 다수의 동일한 마이크로스트립 패치를 만들어 배열 안테나 방식을 사용하여 안테나 이득을 높인다. 특히 레이더 시스템에서 안테나 이득은 송수신에서 중요하므로 배열 안테나를 사용하여야 한다. 하지만 배열 안테나 방식을 사용하여도 안테나의 대역폭, 편파 특성은 단일 마이크로스트립 패치 안테나에 의해서 결정되므로 단일 마이크로스트립 패치 안테나의 설계가 선행되어야 하다. 본 보고서에서는 아래 그림과 같이 직사각형 마이크로스트립 패치의 양쪽 부분에 Slot 구조를 만들고, 급전 마이크로스트립 선로를 패치 내부에 삽입되는 구조(Inset)를 사용하였다. 이것은 마이크로스트립 패치 안테나의 대역폭을 넓히고 마이크로스트립 패치 안테나의 임피던스 정합(Impedance matching)을 용이하게 하기 위한 것이다.

일반적으로 마이크로스트립 패치 안테나는 유전체 기판을 이용하여 제작되는 데 여기서는 상대적으로 쉽게 구할 수 있는 Taconic TLX-8 기판을 사용하였다. 이 기판의 특성은 유전율

2.55, 유전체 두께 1.0mm, 도체 두께 35 μm 이다. 마이크로스트립 패치 안테나의 구조상로 인하여 안테나 특성은 유전체 기판에 크게 의존한다. 따라서 요구되는 안테나 사양에 만족하기 위하여 마이크로스트립 패치 안테나 설계과정에서 필요한 유전체 기판의 특성을 미리 검토해야 하지만 여기서는 주어진 Taconic 유전체 기판의 특성을 이용하여 단일 마이크로스트립 패치 안테나와 패치 배열 안테나를 설계, 제작하였다. 마이크로스트립 패치 배열 안테나 설계 과정에서 3차원 전자장 해석 소프트웨어인 CST MWS를 사용하였다.

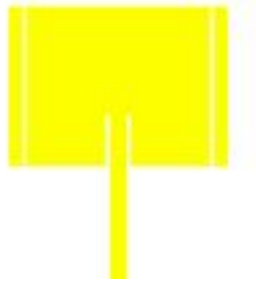


그림 12. 배열 안테나에 사용된 단일 마이크로스트립 패치의 구조.

패치 배열 안테나의 크기를 결정하기 위하여 CSR에 필요한 안테나 이득을 먼저 계산하여야 하는 데 여기서는 패치 배열 안테나의 Prototype을 제작하는 데 의미가 있고 또한 CSR의 특징인 소형 경량화를 위하여 안테나 크기를 소형으로 제작하기 위하여 안테나 이득을 약 20~21 dBi로 정하고 필요한 패치 배열 안테나의 크기를 8x8 총 64개의 사각형 마이크로스트립 패치 안테나를 정방형으로 배치하여 구성하였다. 그리고 패치 배열 안테나의 구조상 급전회로는 중요한 설계 부분이다. 여러 종류의 급전 방식을 고려하기 위하여 3가지 급전구조를 마이크로스트립 패치 배열 안테나 설계에 적용하여 3가지 배치 배열 안테나를 제작하였다.

첫 번째는 아래 그림에 나타 있는 중앙급전(Center-Fed) 방식이다. 마이크로스트립 패치 배열 안테나의 급전회로 설계시 고려해야 할 점은 배열 안테나를 구성하는 모든 사각형 마이크로스트립 패치 안테나에 동일한 위상을 공급하여야 한다. 이 조건을 구현하기 위하여 패치 배열 안테나의 입력포트인 Coaxial Connector 지점에서 모든 사각형 마이크로스트립 패치 안테나 급전점(Feeding Point)까지 전기적 거리가 동일해야 한다. 또한 서로 180도 방향으로 위치한 인접한 2개의 사각형 마이크로스트립 패치 안테나에 동일한 위상 신호를 공급하기 위하여 한쪽 마이크로스트립 패치 안테나의 급전선로에 180도 위상지연을 갖는 마이크로스트립 선로를 삽입하였다.

두 번째 급전방식은 End-Launch 방식으로 이 구조의 특징은 Coaxial Connector가 마이크로스트립 패치 안테나와 동일한 면에 위치한다는 점이다. 이 구조는 배치 배열 안테나와 송수신 RF회로의 결합을 용이하게 할 수 있다. 세 번째 급전 구조는 Aperture Coupled Stacked 급전방식으로 앞에서 언급한 단일층 마이크로스트립 패치 배열 안테나와는 다르게 2개의 유전체 기판을 이용하여 마이크로스트립 패치 배열 안테나의 대역폭을 넓힐 수 있는 구조이다. 이 방식은 마이크로스트립 패치 안테나의 단점인 협대역 특성을 개선할 수 있는 구조로 마이크로스트립 패치 안테나의 초기 도입부터 오랫동안 연구되어온 구조이다. 마이크로스트립 패치 안테나의 대역폭 증가를 극대화 시키려면 Parasitic Patch Layer, Radiator Patch Layer를 두어야 하지만 여기서는 시작품(Prototype) 제작을 단순화하기 위하여 급전회로 Layer에 Slot구조를 만들어 Radiator Patch에 급전되는 구조를 채택하였다. 하지만 CSR(Compact Surveillance Radar) 시스템에 널리 사용되는 FMCW(Frequency Modulation Continuous Wave) 방식에서

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는
연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

레이더 신호의 대역폭이 레이더에서 감지하는 거리(Range)의 해상도를 결정하므로 추후에 고정밀 CSR 시스템이 요구되면 마이크로스트립 패치 배열 안테나의 대역폭을 넓히는 연구는 중요할 것이다.

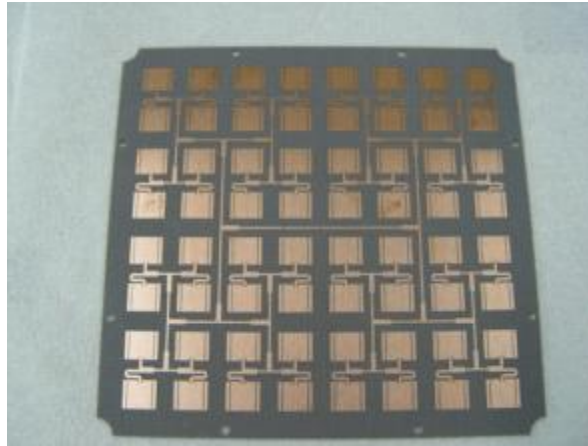


그림 13. 중앙급전 방식(Center-Fed)의 8x8 패치 배열 안테나 PCB.

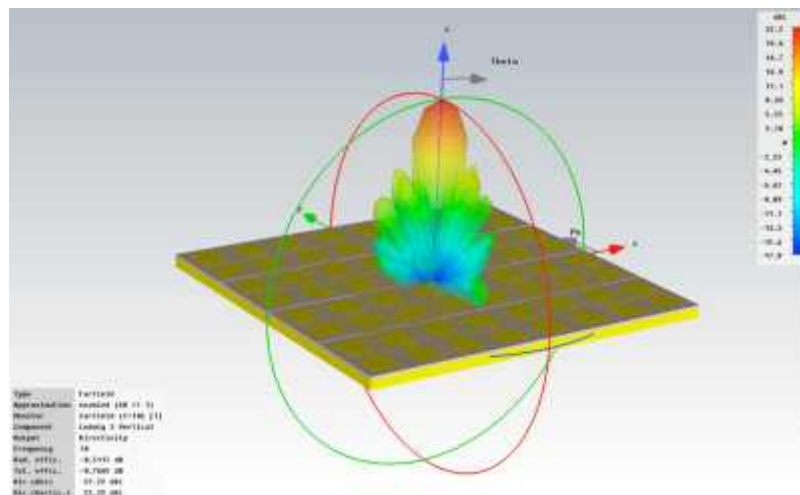


그림 14. 중앙급전 방식(Center-Fed) 8x8 패치 배열 안테나의 계산된 Far-Field Pattern.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

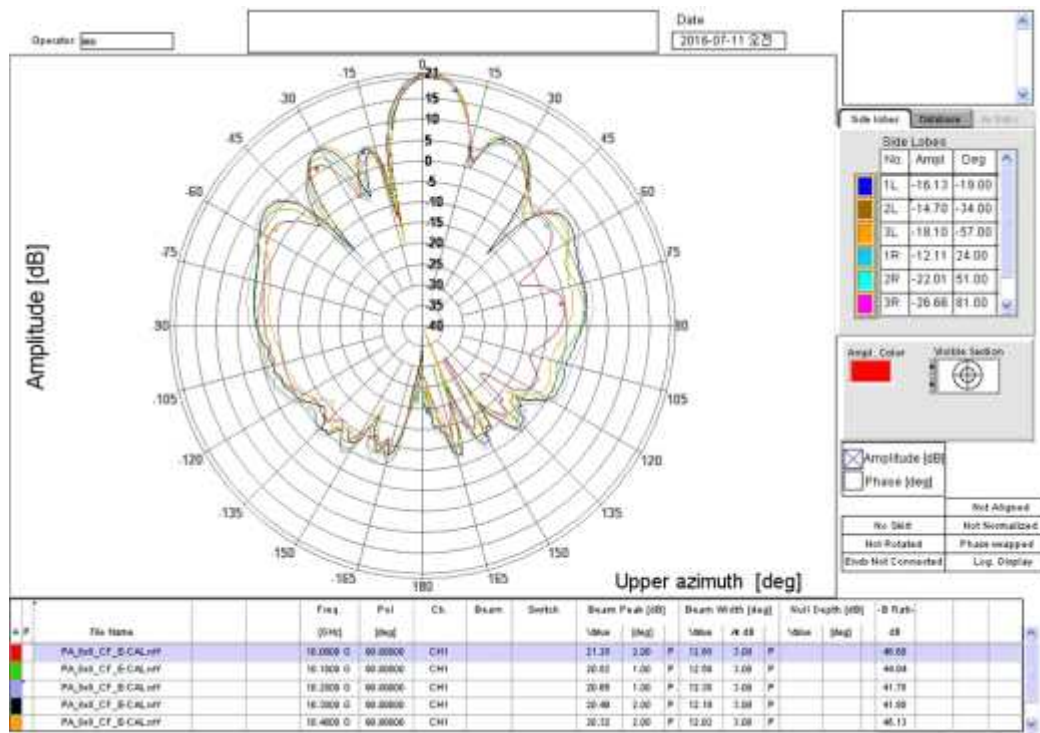


그림 15. 중앙급전 방식(Center-Fed) 8x8 패치 배열 안테나의 측정된 Far-Field Pattern.

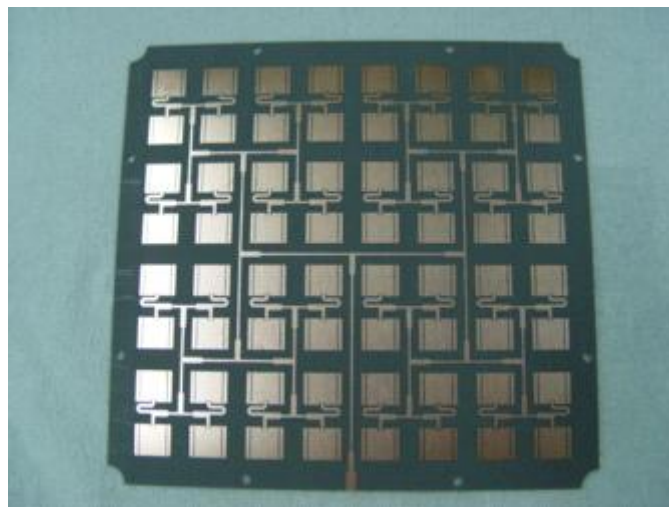


그림 16. End-Launch 방식의 8x8 패치 배열 안테나의 PCB.

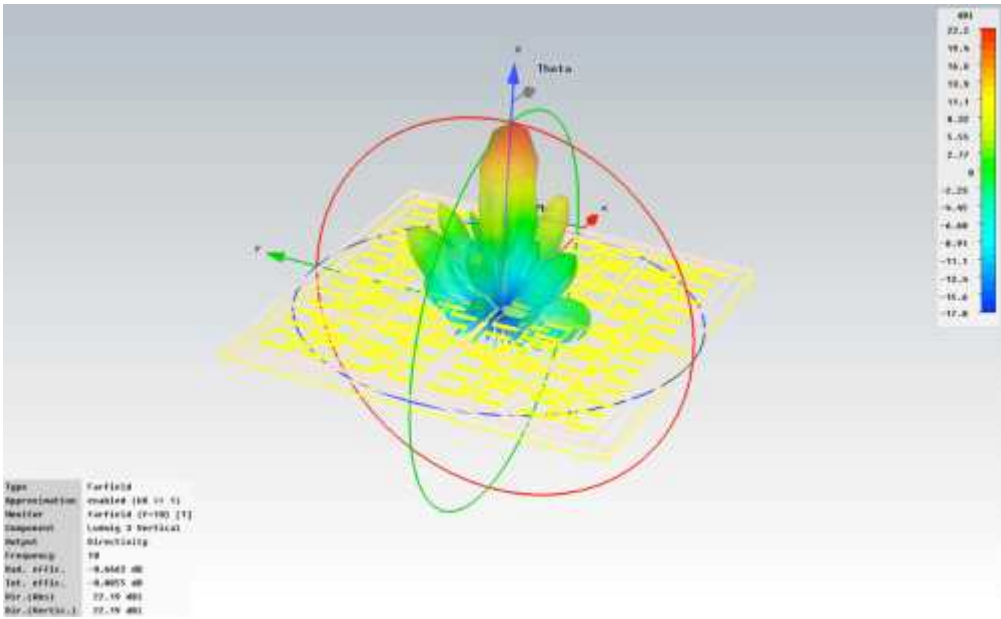


그림 17. End-Launch 방식 8x8 패치 배열 안테나의 계산된 Far-Field Pattern

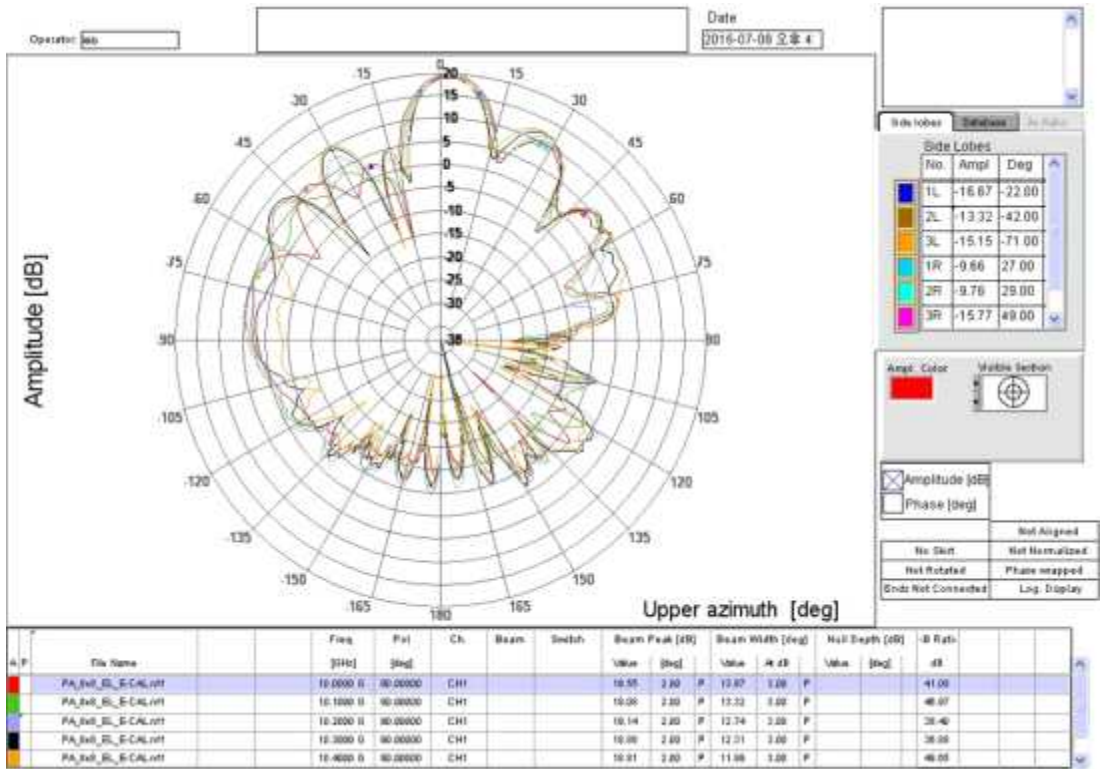


그림 18. End-Launch 방식 8x8 패치 배열 안테나의 측정된 Far-Field Pattern(E-plane).

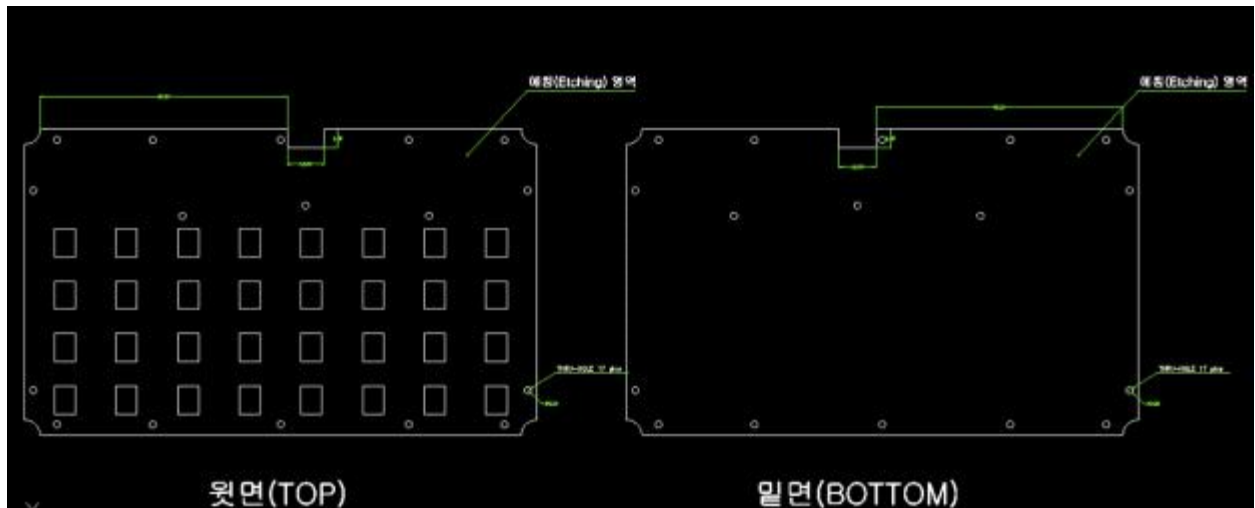


그림 19. Aperture-Coupled Stacked 8x4 패치 배열 안테나 PCB 도면(복사면)

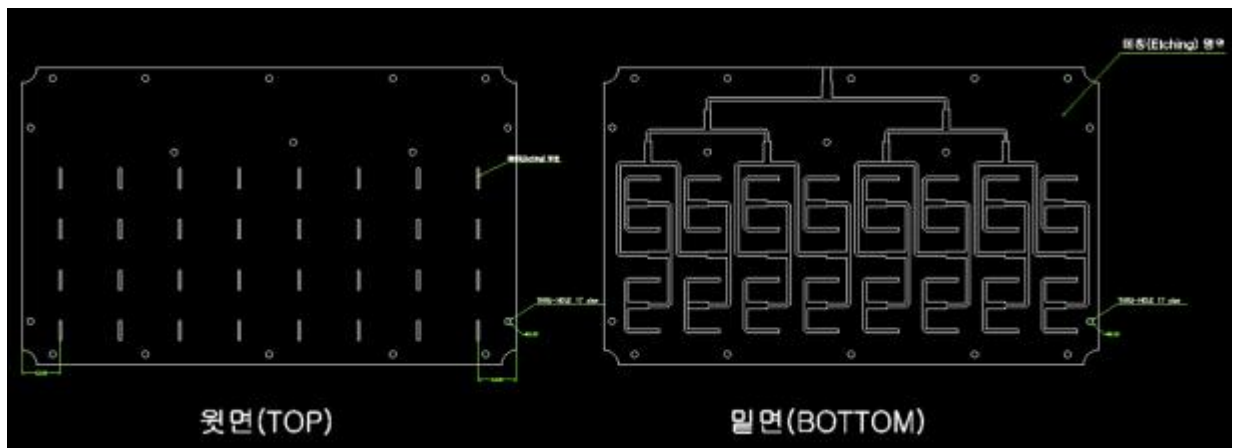


그림 20. Aperture-Coupled Stacked 8x4 패치 배열 안테나 PCB 도면(급전회면)

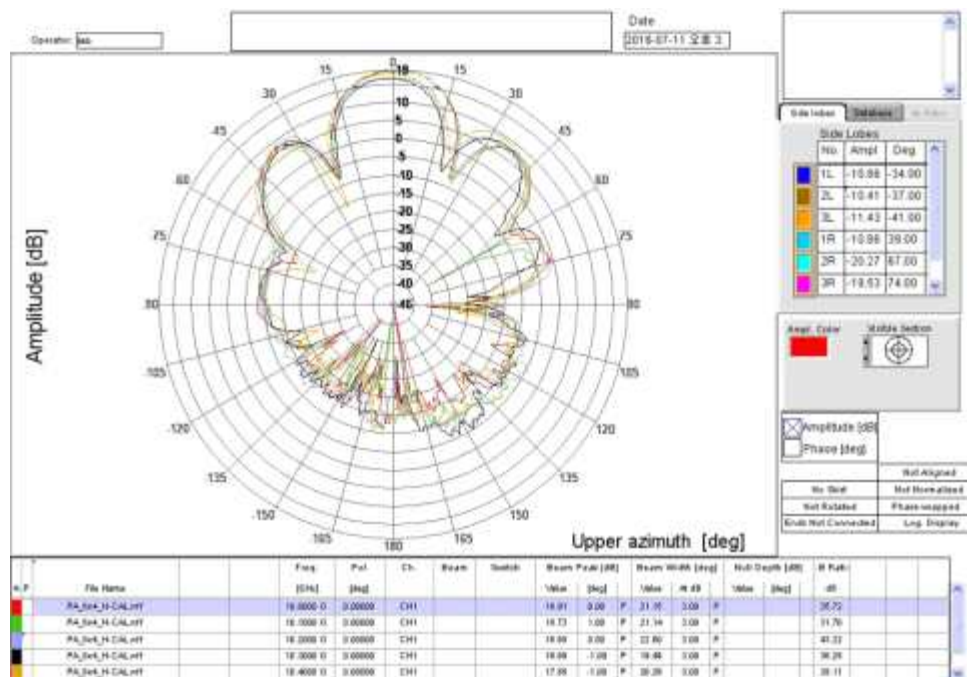


그림 21. Aperture-Coupled Stacked 8x4 패치 배열 안테나의 측정된 Far-Field Pattern(E-plane)



위에서 3가지 종류의 마이크로스트립 패치 배열 안테나를 설계, 제작하여 시뮬레이션, 측정 결과를 제시하였다. 마이크로스트립 패치 배열 안테나의 반사손실(Return Loss), 안테나 이득(Gain), HPBW(Half Power Beam Width)와 같은 안테나 특성은 시뮬레이션과 측정값이 잘 일치하는 것을 볼 수 있다. 물론 End-Launch 급전구조 패치 배열 안테나의 경우 안테나 이득이 약 1~2dB 정도 차이를 보이지만 안테나 측정오차와 Coaxial Connector 손실과 같은 요인을 고려하면 비교적 잘 일치한다고 볼 수 있다. 한편 Aperture-Coupled Stacked 구조의 8x4 배치 배열 안테나의 경우 광대역 특성을 갖는 것으로 알려졌지만 시뮬레이션과 측정치 모두 단일층 패치 배열 안테나와 비슷한 대역폭을 보인다. 이는 설계과정에서 안테나 대역폭 최적화 설계가 충분히 이루어지지 않은 것으로 생각한다. 한편 Aperture-Coupled Stacked 구조의 패치 배열 안테나는 앞의 2가지 급전구조 배열 안테나에 비하여 조립과정이 상대적으로 복잡하고 제작비용이 증가하는 단점을 가지고 있다. 만약 이러한 급전구조 방식을 CSR용 안테나에 적용한다면 다른 급전구조의 배열 안테나에 비하여 광대역 특성 외에 다른 장점을 가지고 있지 않다.

(나)-2.2 패치형 안테나를 이용한 소형 물체 검출 시스템(CSR) 프로토 타입 개발

① CSR(Compact Surveillance Radar) 프로토 타입 제작

제작된 마이크로스트립 패치 배열 안테나들 중 중앙급전 방식의 안테나와 다음 표의 전파 송수신 신호처리 모듈들을 이용하여 X Band(~10GHz)의 FMCW 타입의 소형 물체 검출 시스템을 제작하였다.

표 2. X-band 전파 송수신 신호처리 모듈

Sensor		9250 - 10750 MHz (1000 MHz center) RF output : -5~ 5dbm (0dbm typical) Dynamic range : -80 dbc Power consumption: 500 mW RF I/O : SMA-female
Controller		RS-232 serial connection ; D-SUB 9 female 12V power input 100 mA max current consumption Onboard microcontroller for FMCW frequency sweep control and ADC for IF signal sensing 16-bit ADC : IF signal measurement

② CSR(Compact Surveillance Radar) 프로토 타입 시험

제작된 소형 물체 검출 시스템(CSR) 프로토 타입은 다음의 그림과 같은 시험 환경을 만들고, 여러 가지 시험들을 통하여 실제 사용 가능성을 확인하였다.



그림 22. 제작된 소형 물체 검출 시스템(CSR) 프로토 타입 시험 환경

시험을 위한 컨트롤러의 소프트웨어 구성은 다음의 그림과 같다.

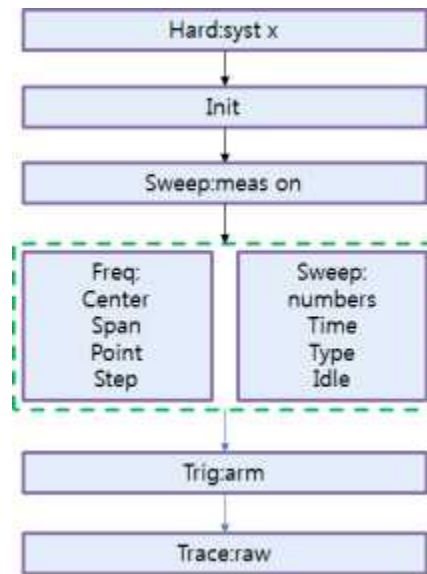


그림 23. 컨트롤러의 소프트웨어 구성

Hard:syst x : 시스템 설정 값 초기화. 기존 설정값을 사용할 경우 적용하지 않음.

Init : 시스템 구동 초기화.

Sweep:meas on : 송신 주파수 sweep 중 data 획득을 결정함. Off 시, data 획득 불가

Freq/Sweep : 송신 신호 및 sampling point를 설정. Freq:center/span 으로 중심 주파수 및 bandwidth를 설정하고, Sweep:/numbers/time/type 으로, chup의 횟수, 시간, 형태 등을 결정한다.

Trig:arm : Freq 및 Sweep에 의해 설정된 신호 송신

Trace:raw : IF 신호 raw data를 serial buffer로 전달

A. Operation test

FMCW 레이더의 동작 여부 확인 및 명령어 전송 테스트 : 동작 확인

B. Raw data test

- 컨트롤러 제조사의 sample 코드를 분석하여 Raw data 자료형 확인 및 가공 가능성 확인
- Serial 통신을 통해 1byte(uint8) data stream 획득
- Time series data는 2byte(uint16) data로 구성되어 있고, little endian으로 type casting
- Time series data 획득 가능하므로 추후 data 가공이 용이함

C. Data processing(parameter setting)

표 3. 레이더 구동을 위한 파라미터

	X-Band Radar parameter
Center freq.	10e9 Hz
Span	1.5e9 Hz
Sampling point	1024
Sweep count	1
Sweep time	0.1s

송신 신호의 freq. sweep을 위한 최소 시간이(idle time) 존재하며 이 한계를 넘어서는 sampling point 를 설정할 경우 minimum idle time이 설정되며 sweep time이 minimum idle time * sweep time으로 변경됨
Sweep time 최소값은 75ms, Idle time의 최소값은 50us 임.

D. Data processing(X-Band)

다음의 사진과 같이, Target을 radar 전방 2.5m 에 두고 실험을 진행하였다. Python으로 coding한 프로그램을 사용하였고, Windowing 및 overlap 설정을 변경하면서 진행하였다.

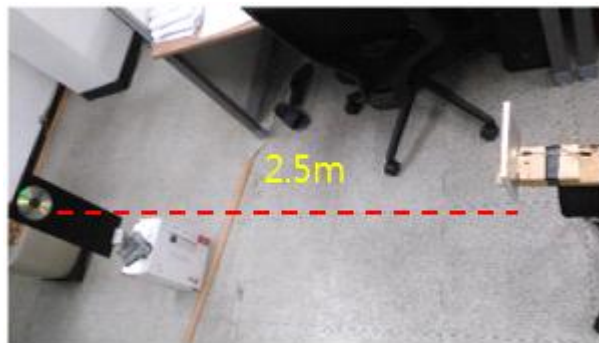


그림 24. 제작된 소형 물체 검출 시스템(CSR) 프로토 타입의 실험 모습

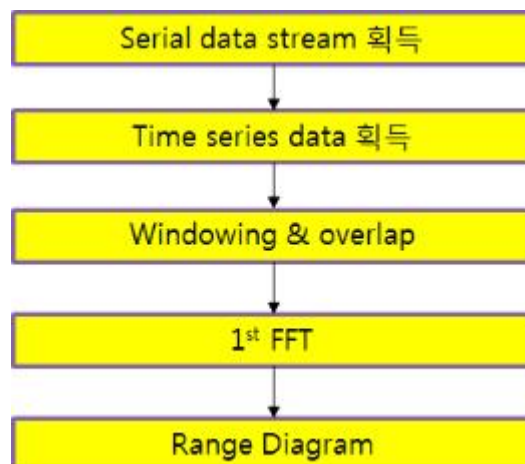


그림 25. 제작된 소형 물체 검출 시스템(CSR) 프로토 타입의 데이터 획득 과정

실험에서 Serial data buffer는 (2*sampling point) Bytes로 설정(test - 2048 Byte)하고, 1024개의 Time series data 얻어서 Hamming window 적용해서 Windowing 적용 전과 후의 FFT 결과를 비교하였다. 또한, Windowing 적용 data를 75% overlap 하여 smoothing 효과 비교하였다. 이때, 실시간 결과 확인을 위하여 Averaging은 적용하지 않았다. 다음 그림은 Data 후처리(FFT)의 결과이다. 결과를 보면, 전반적으로 노이즈 레벨의 감소를 확인할 수 있다 (Target에 의한 peak을 명확히 관측). Overlapping에 의한 smoothing 효과를 다소 확인하였으나, 데이터 처리 시간이 과도하여 실시간 관측에는 적용하는데 어려움이 있다.

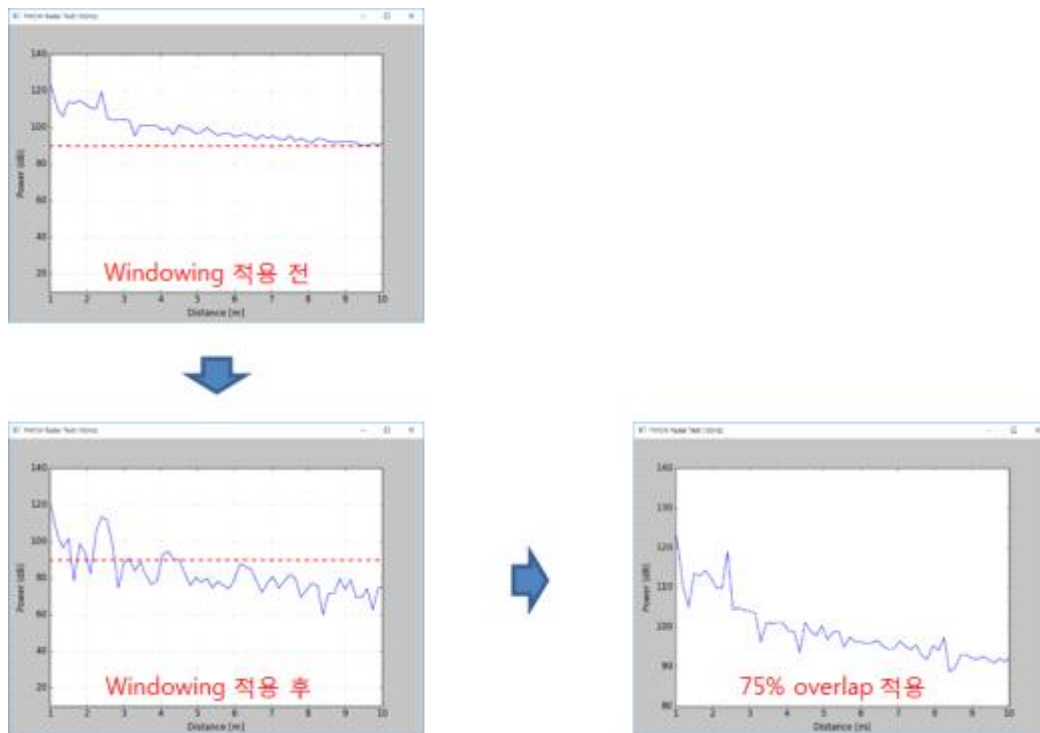


그림 26. 제작된 소형 물체 검출 시스템(CSR) 프로토 타입의 data 후처리 결과

E. 레이더 성능

레이더 탐지 거리 및 Target 구분이 가능한 해상도를 확인하기 위하여, 9m 거리에 Target을 두고, 반사 신호를 검출하였다. 그 결과, 약 30Cm 거리의 두 물체를 구분하여 검출하였다. 추후 Target을 변경하여 추가 테스트를 실시할 예정이다.

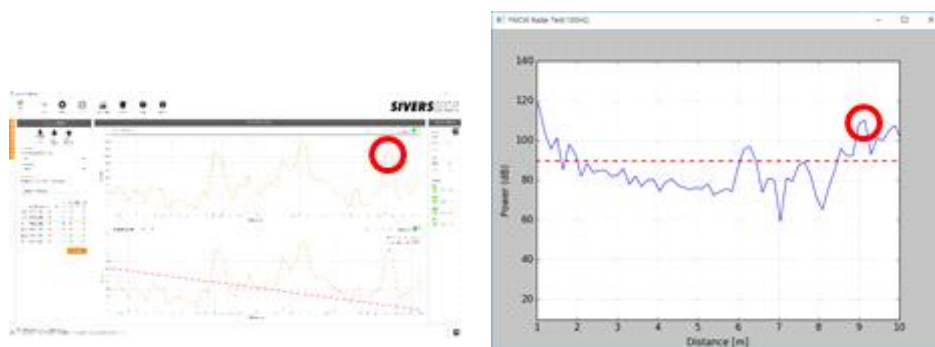


그림 27. 제작된 소형 물체 검출 시스템(CSR) 프로토 타입의 반사 신호 검출 모습

(나)-2.3 연구의 결과

마이크로스트립 패치 배열 안테나를 사용하여 CSR에 적용 가능성을 조사하기 위하여 3가

지 종류의 시험용 패치 배열 안테나를 제작하였다. 이들 중, 중앙 급전방식의 안테나를 사용하여 X Band($\sim 10\text{GHz}$) FMCW 타입의 소형 물체 검출 시스템 프로토타입을 제작하였다. 그리고, 이 시스템의 제어와 자료 획득을 위한 기본적인 소프트웨어를 개발하였고, 9m 거리에 있는 30cm 간격을 가지는 두 물체들 구분하여 검출할 수 있음을 확인하였다.

앞으로 6-bit Digital Phase Shifter를 사용하여 전자적으로 Beam-Steering이 가능한 8x4 마이크로스트립 패치 배열 안테나를 제작할 것이다. 한편 CSR(Compact Surveillance Radar)에서 2D 정보(Azimuth, Range)을 얻는 방법으로 레이더 안테나 빔패턴을 직접 조종하지 않고, 안테나 빔패턴 방향이 고정된 2개 이상의 수신 안테나를 사용하여 목표물체의 반사된 신호 위상을 측정하여 간접적으로 Azimuth 각도를 얻을 수 있다면, CSR 시스템의 Hardware 제작이 단순해지므로 CSR 시스템의 제작가격을 낮출 수 있을 것이다. 향후, 전자적으로 Beam-Steering이 가능한 새로운 패치형 안테나를 이용한 소형 물체 검출 시스템을 제작하고, 실제적인 구동 및 검출 소프트웨어를 개발하여 거리와 방향과 속도를 동시에 알아 낼 수 있게 하고자 한다.

(나)-3 적응광학 기술

(나)-3.1 주요 연구 수행 내용

① Optical Society of America (OSA)는 미국의 주요 광학 학회 중 하나이고, OSA conference는 적응광학 뿐 아니라 광학에 관련된 다양한 주제를 가지고 매년 미국과 유럽에서 개최 된다. 이번 OSA conference는 6월 25일에서 28일까지 독일 하이델베르크에서 개최 되었다. 구두 발표의 내용의 아래와 같다.

학회: OSA Imaging and Applied Optics

제목: Development Adaptive Optics Simulations for the 1.8 meter Bohyunsan Telescope

일자: 6월 25일 ~ 28일

장소: 독일 하이델베르크

발표의 주요 내용은 그림 28에서 보듯이 보현산 망원경에 장착을 고려한 적응광학 시스템의

치모사이다. 이런 수치모사는 Ray tracing program인 Zemax와 수학적 연산을 할 수 있는 Matlab이 동시에 사용되었고, 전반적인 Closed-Loop 시스템 구동은 Object -Oriented, Matlab & Adaptive Optics (OOMAO)가 사용이 되었다.

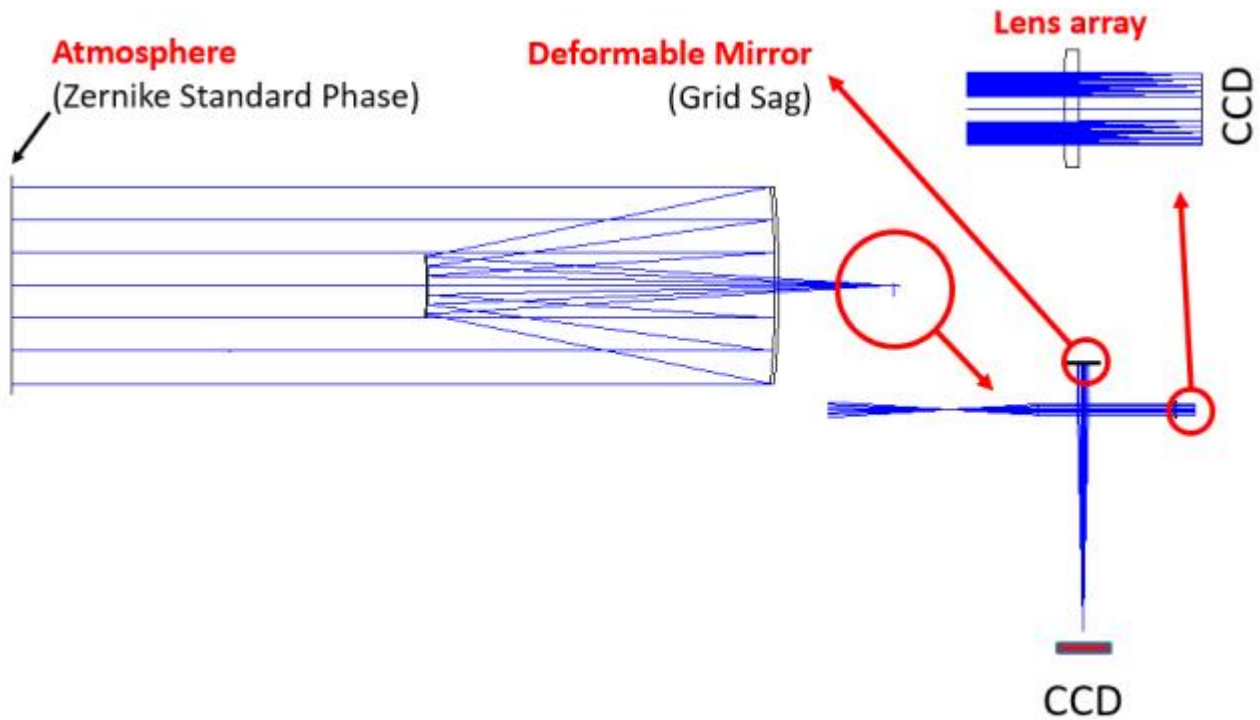
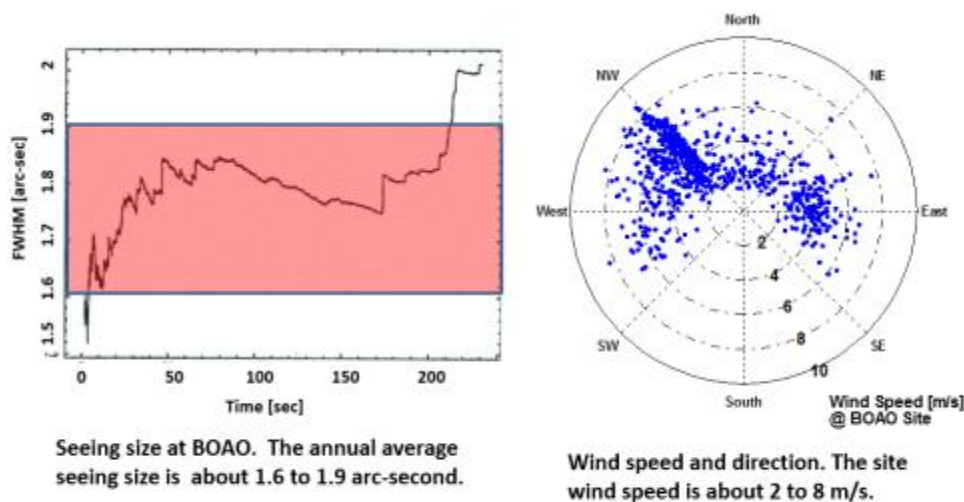


그림 28. 보현산 망원경에 장착을 고려한 적응광학 시스템. 수치모사를 위해 Phase screen이 대기 중에 위치해 있고, focal plane 이후에 beam splitter를 사용하여 Shack-Hartmann sensor와 변형 거울을 설치하였다.

대기의 요란을 표현하기 위해 이를 위해 Phase screen이 대기 중에 위치해 있고, focal plane 이후에 beam splitter를 사용하여 Shack-Hartmann sensor와 변형 거울을 설치하였다. 대기 왜란에 대한 parameter들은 보현산 천문대에서 측정은 바람의 속도와 방향을 참조 하였고, Seeing size는 2003년 출판된 논문 중에 Differential Image Motion Monitor (DIMM)를 사용해서측정한 값을 사용하였다. 그림 29의 왼쪽 그림은 2003년 출판된 논문 중 seeing size의 결과 값이고 오른쪽 그림은 속도와 방향을 나타낸다.



In-Soo Yuk, Jae-Mann Kyeong, Moo-Young Chun, and Sun-Gil Kwon,
"Measurement of seeing using a small Telescope System," Publication of the
Korean Astronomical Society, 18, 37-41, (2003)

그림 29. 보현산 천문대의 Seeing size와 바람의 속도와 방향.

그림 30은 수치모사 중 하나의 결과 값을 보여준다. 이 수치 모사에서는 6~12 magnitude

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는
연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

의 별을 Guide star로 사용할 경우를 가상하였고, 21x21 actuator의 변형 거울이 사용되었다.

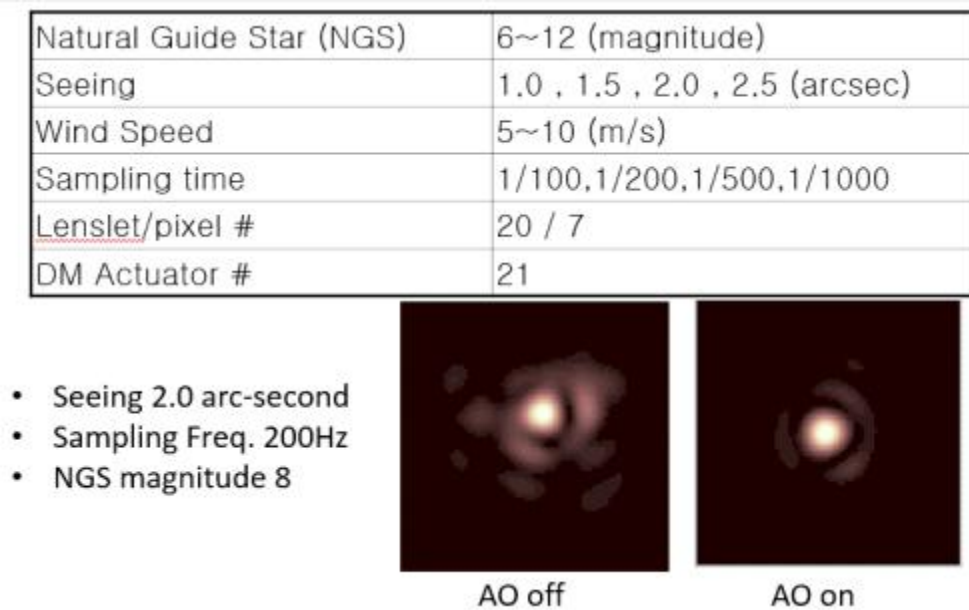


그림 30. 수치 모사에 사용된 parameter 값들과 적응광학 시스템이 작동 하였을 때와 안 하였을 때의 Point Spread Function결과이다.

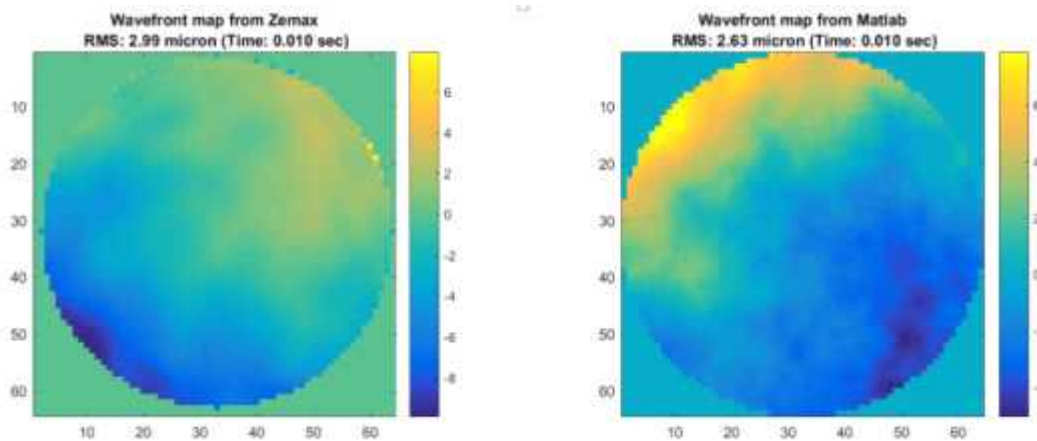


그림 31. 대기의 왜란을 표현하는 파면의 모습. 이 파면의 형상은 Matlab에서 보현산에서 측정 된 정보를 가지고 수학적인 방법으로 생성된다.

그림 32는 수치모사에 사용된 closed-loop의 개념도를 보여준다. 초기 대기의 왜란을 표현 하기 위해 Matlab에서 생성된 Phase screen을 Zemax 에 넣어 준다. 이를 파면센서와 변형거울을 이용하여 왜곡된 파면을 보정하는 방식으로 진행된다.

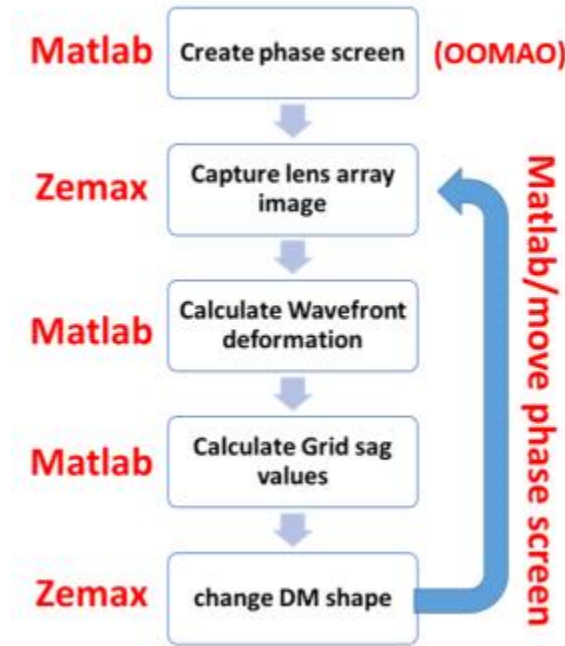


그림 32. Closed-Loop system 개념도. 별 빛의 경로 상 Phase Screen을 먼저 생성이 되고, 망원경의 주경과 부경을 반사해서 나온 빛이 적응광학 시스템으로 들어가고, 파면 센서에서 파면의 왜곡을 계산한다. 이를 보정하는 계산을 마치고 변형거울로 보내 왜곡된 파면을 보정하는 순서로 진행된다.

최종 수치모사의 결과로서, 약 8이하의 magnitude의 별을 적응광학 시스템을 이용하면 0.7~0.8의 Strehl Ratio의 값을 얻을 수 있다 결과를 도출하였다.

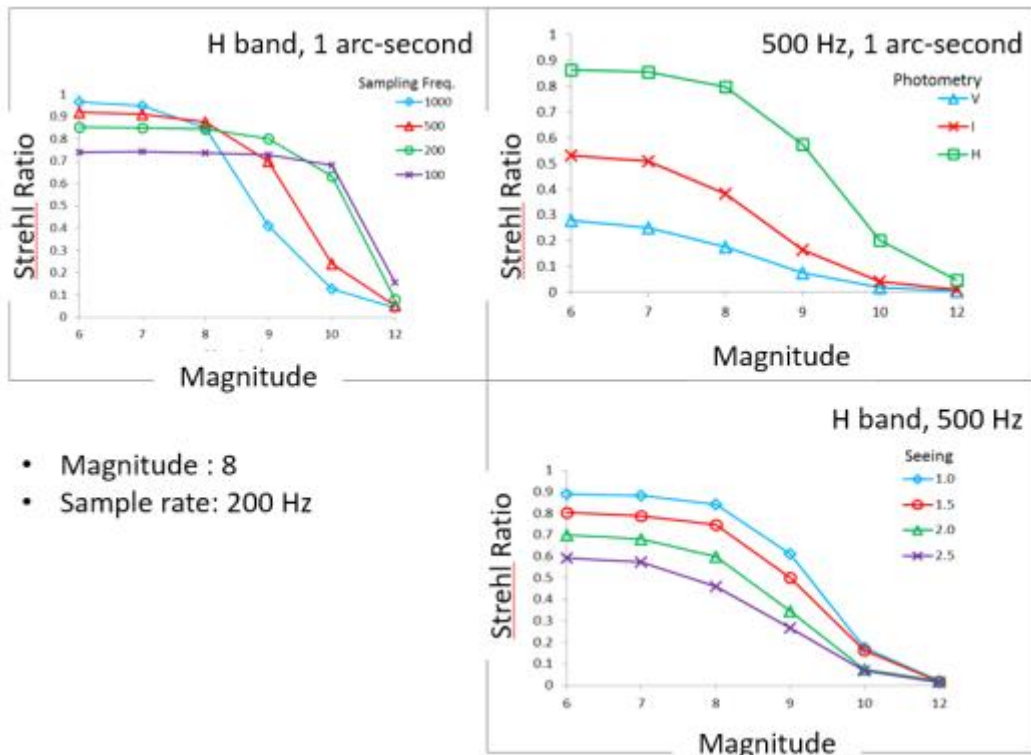


그림 33. 수치모사의 결과. 최종 수치모사의 결과는 약 8이하의 magnitude의 별을 대략 0.7~0.8의 Strehl Ratio의 결과를 얻었다.

② 최신 광학 기술 동향

OSA conference에서는 적응광학 뿐 아니라 다양한 광학 기술에 대하여 소개가 되었다. 특히 이번 학회에서는 Digital Hologram이 하나의 Keyword라 할 정도로 많은 내용이 소개되었고 논의 되었다. 그중 눈에 띄는 기술은 Referenceless phase holograph (RELPH)이다. 이는 기존 간섭계 기술에 Digital hologram을 접목시켜, 두 개의 평면파를 hologram으로 변화시켜 줌으로 Intensity와 phase를 변화 시켜 줄 수 있는 기술이다. 이를 이용하면 하나의 hologram을 이용하는 것 보다 나은 입체영상을 얻을 수 있다. 그림 7은 학회 중에 발표된 내용 중 하나이다.

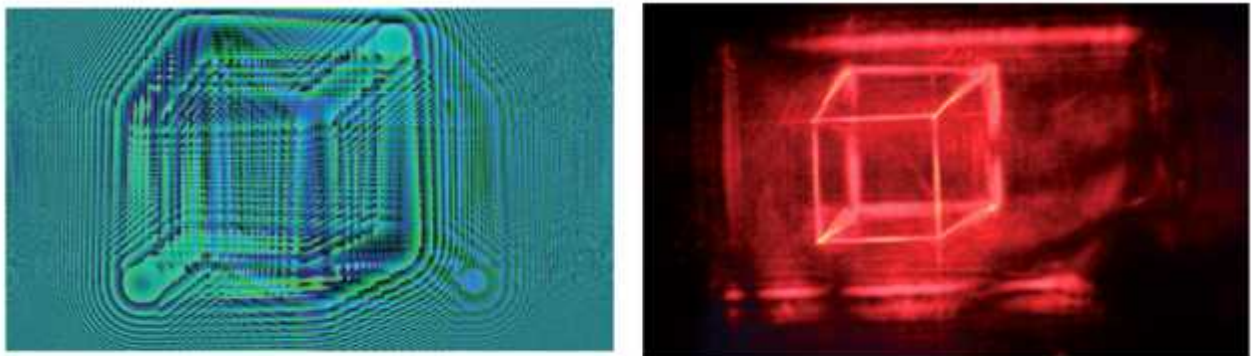


그림 34. (왼쪽) LCOS에 의해 생성된 Wire-frame cube 그림. (오른쪽) RELPH에 의해 생성된 Wire-frame cube.

또 다른 이슈 중 하나인 것은 적응광학을 응용한 기술들이 소개 되었다. 그림 35는 Optical Coherence Tomograph (OCT)로 기존 검안기에 적응 광학을 접목시켜 눈안쪽에 위치한 Retina를 3차원으로 이미징하는 기술이다. 이를 이용하여 의료분야에서는 눈안쪽에서 발생하는 질병을 검사하는데 사용된다.

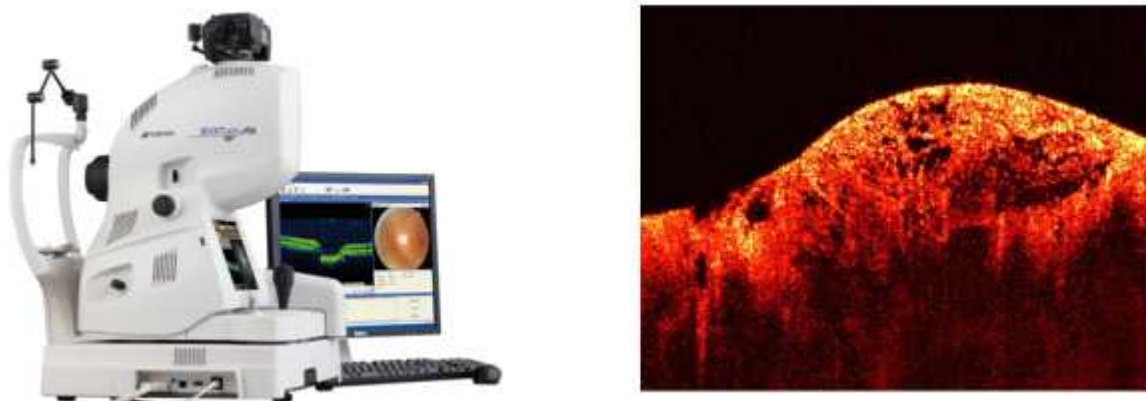


그림 35. Optical Coherence Tomograph (OCT).

③ CGH를 활용한 적응광학 시스템 정렬과 평가 방법 검토

Computer Generated Hologram (CGH)은 빛의 회절현상을 이용하여 파면을 변형시키는 기술이라 할 수 있다. 이는 현재의 기술로서 측정하기 어려운 광학계를 측정하는데 사용되기도 하는데, 이런 회절 현상을 광학계의 정렬에 사용된다면 아주 민감한 광학계를 정렬하고 성능 평

가하는 데 사용이 될 수 있다. 현재로서는 이렇게 사용되는 데는 광학 시스템마다 한계가 있는 데, 이를 극복할 수 있는 방안을 검토 중이다. 이를 이용하면 복잡한 적응광학 시스템을 쉽게 정렬 할 수 있을 뿐 아니라 성능 향상에도 도움을 줄 것으로 예상된다.



그림 36. Computer Generated Hologram (CGH). 광학면을 측정하는 데 사용이 되기도 하지만, 광학 시스템을 정렬 하는 곳에도 사용되기도 한다.

④ Hologram을 사용한 변형 거울 대체 여부 분석

OSA 학회에서 보여 주듯이 Hologram은 빛의 파면을 사용자의 의도대로 변형시킬 수 있다는 장점 때문에 다양한 분야에서 사용이 될 수 있다. 이 Hologram이 적응광학의 변형 거울처럼 파면을 빠르고 민감하게 작동할 수 있다면 변형거울을 대체 할 수 있는 새로운 응용기술이라 할 수 있다. 이를 타당성을 논의하기 위하여 다른 우수 연구 기관과 논의를 시작하였다.

(나)-3.2 연구의 결과

2016년도의 연구 수행 결과로서 국제학회에서 천문연구원이 적응광학 기술을 가지고 연구를 하고 있다는 모습을 보여 준 것이라 할 수 있고, 이 많은 양의 새로운 기술들을 수집하여 기술 교류회를 통해 그 정보를 전달 한 것이라 할 수 있다.

(나)-4 카본파이버 미러 개발

(나)-4.1 카본파이버 미러개발 기획

최보다 5배나 강하면서도 가벼운 소재인 CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer, 탄소강화 플라스틱)를 이용하여 망원경과 인공위성 카메라의 필수 부품인 반사경을 제작·판매한다. CFRP 반사경은 기존의 유리 소재를 대체하는 것으로서, 가볍고 단단한 특성에 따라 경량화하면서 취급을 쉽게 하여 간편성을 도모한다. 중대형 망원경의 경우에는 더욱 가볍고 크게 만들 수 있게 되어 새로운 시장을 형성한다. 인공위성 카메라는 우주환경에 안정적인 CFRP 반사경을 도입함으로써 인공위성의 경량화와 함께 비용을 절감하는 효과를 가져온다.

CFRP 반사경의 제작 기술은 세계 최고 수준의 기술로서, 세계 망원경 시장에 진입하고 인공 위성 시장을 선점한다. 첫 번째로, 아마추어 망원경을 타겟으로 기존의 망원경 제조사에 CFRP 반사경을 납품하여 시장에 진입한다. 인공위성에 소요되는 반사경 시장에도 진입하여 세계의 우주산업을 선도한다. 또한 산업용 포터블 광학기기 등에도 활용하여 첨단기술을 전파하고 경제 진흥에 기여한다.

기존의 망원경이나 인공위성 카메라용 반사경은 유리 소재를 사용하고 있는 바, 무겁고 깨지기 쉬워서 많은 주의를 요한다. 특히, 인공위성용 카메라는 로켓에 얹어 발사할 때에 발생하는 매우 강한 진동을 견뎌야하므로 안정적으로 설계하고 세심하게 제작해야 한다.

CFRP를 이용하여 반사경을 만들면 단단하고 깨지지 않으므로 취급하기 쉽고 가벼우므로 더 큰 망원경이나 카메라를 수용할 수 있으며, 쉽게 이동할 수 있다. 반사경이 가벼워지면 이를 지지하는 구조도 단순하고 가볍게 할 수 있는 것이다. 특히 무게가 발사비용에 영향을 주는 인공위성의 경우에 많은 비용을 절감할 수 있다.

현재 CFRP 반사경을 제작하는 회사는 미국의 아리조나에 한 군데 뿐이다. 유럽과 일본, 중국 등도 곧 CFRP 반사경 사업에 뛰어들 것으로 보인다. 지금 우리가 시작하면 경쟁상대가 적어서, 세계 최고의 기술 수준에 올라서고 세계 시장을 선점하기에 유리하다.



그림 37. 구경 1 m의 CFRP 망원경. 가볍고 단단한 소재인 CFRP (탄소강화 섬유)로 제작하여 가볍고 튼튼하여 우주망원경으로 활용된다.

o 카본 파이버 미러의 기술성 및 우수성

CFRP로 반사경을 제작하여 완성하기까지는 세 단계의 공정을 거쳐야 한다. CFRP 반사경 원기를 prepreg로부터 만드는 것을 시작으로 하여, 경면에 니켈을 도포한 후 정밀 폴리싱한 후, 알루미늄 코팅을 한다. 이렇게 여러 단계의 까다로운 공정을 하여야 하므로 기술성 측면에서 진입장벽이 높다. 그러므로 재빨리 기술을 완성하면 세계 최고의 독보적인 기술을 갖추게 된다.

국내 기업들은 관련한 고급 기술들을 갖고 있다. CFRP로 자동차나 반도체 산업에 사용되는 부품들을 제작하는 기업들이 다 수 있다. 또한 니켈 포밍이나 알루미늄 코팅을 전문적으로 하는 기업들이 있다. 이러한 기업들을 엮어서 일련의 공정을 이루면 CFRP 반사경을 제작할 수 있을 것이다.

o 카본 파이버 미래의 사업성

가볍고 단단한 CFRP로 만든 반사경은 기존의 유리 소재 반사경을 사용하는 시장을 점유할 수 있다. 특히 이동성이 많은 중소형 망원경 시장과 무게가 중요한 비용요인인 인공위성 시장에 매력적이다. 예를 들어 허블우주망원경은 구경이 2.4 m인 반사경이 주경이다. 허블 전체의 개발비용은 10억불이었고, 반사경 개발에만 2억불 정도 지출되었다.

목표 시장은 크게 3 분야이다. 첫 번째는 지상 망원경 시장으로, CFRP 반사경으로 대체하여 망원경의 경량화와 간편성을 얻는다. 또한 깨지지 않는 CFRP 반사경을 사용하므로 망원경을 다루기가 쉬워지고 이동하기가 용이해진다. 대상은 아마추어용의 중소형망원경을 비롯하여 연구용의 대형망원경까지 아우른다. 첫 번째 목표시장은 아마추어용 중형망원경이다.

두 번째는 우주산업으로, 인공위성 카메라에 들어가는 유리 반사경을 CFRP 반사경으로 대체하는 것이다. 깨지지 않고 가벼운 CFRP 반사경으로 대체함으로써 지지구조 역시 간편하고 가볍게 만들 수 있어서 비용절감의 효과도 얻게 된다.

세 번째는 포터블 장비 시장이다. 역시 마찬가지로, 이동용 광학장비들은 옮기거나 설치할 때에 깨지지 않도록 주의를 요하는데, CFRP 반사경으로 대체함으로써 가볍고 깨지지 않으므로 쉽게 이동하고 설치할 수 있게 된다.

타 겿 시 장

시장 구분	세분 시장	비 고
1. 지상 망원경	중형 망원경	a. 반사경의 OEM 납품 b. 완성품 직접 판매
2. 인공위성	위성용 카메라	
3. 포터블 시장	이동용 시험기기	

우선 첫 번째 시장인 지상 망원경 시장 중에서 아마추어 망원경 시장을 주요 목표로 삼는다. 미국과 일본, 유럽의 아마추어 망원경 시장은 매우 커서, 미국의 경우에는 장난감 백화점인 'Toy R Us'에서 망원경을 기성품으로 판매할 정도이다.

1차 타겟은 가장 판매 물량이 많은 망원경으로서, 구경 200 mm 망원경이다. 기존의 망원경 제작사들에 구경 200 mm의 반사경을 납품함으로써 시장을 점유해나간다. 2차 타겟은 이보다 조금 더 큰 300 mm 망원경으로서 높은 가격과 무게 때문에 판매가 부진하다. CFRP로 반사경을 가볍게 만들고 가격을 낮추면, 300 mm 망원경 시장을 새로이 열 수 있게 될 것이다. 이때에는 반사경을 납품할 수도 있지만, 완성품인 망원경을 제작하여 자체의 고유 브랜드로 판매를 하고자 한다. 이로써 부가가치를 높일 뿐만 아니라, 일자리 창출과 국가경제에 더욱더 크게 일조하게 된다.

중소형 망원경 시장

망원경 크기 [구경, mm]	125	150	200	300	400
망원경 판매가 [만원]	170~200	190~260	340~970	700~1,100	3,700

반사경 납품 저가 [만원]	15	20	35	150	500
CFRP 반사경 제조사 [만원]	10	15	20	60	250
판매 이익 [만원]	5	5	15	90	250

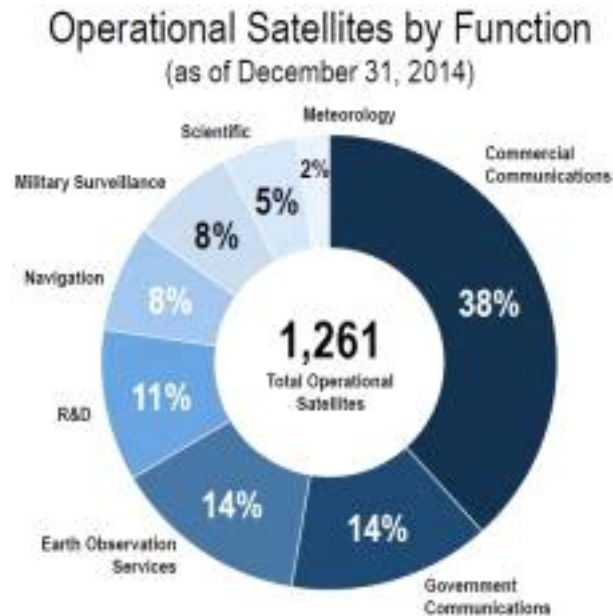
두 번째인 우주산업 시장은 주로 인공위성에서 사용되는 카메라 시장이 주요 타겟이다. 인공위성 카메라는 리모트센싱 하는 지구관측용, 과학관측과 연구개발용, 기상관측용, 군사정찰용, 우주탐사용 등에 사용된다.

미국의 공신력 있는 기관인 Satellite Industry Association (SIA)에 의하면, 세계 우주산업은 매년 증가 추세인데, 인공위성 제작 시장은 2014년까지 6년간 평균이 \$13.75B 이다. 발사된 인공위성의 수는 2012년부터 2014년 까지 81개, 107개, 208개로 급증하고 있다. 이 중에서 navigation용 위성과통신위성을 제외한 위성의 개수가 전체의 40%로서, 그 중 전자광학 카메라를 장착한 위성이 3/4을 차지할 것이다.



그림 38. 미국 Satellite Industry Association (SIA)의 인공위성 제작비 자료. 매년 증가 추세이다.

그림 39. 2014년도 용도별
인공위성의 개수
비율 (SIA 2015
보고서)



이러한 추세를 볼 때에 세계의 인공위성 카메라용 반사경 시장은 2014년 현재 연간 60기이고, 10년 후에는 500% 이상 성장할 것으로 보인다. 말레이시아, 터키, 스페인 등의 요구에 따라 카메라의 수요가 급격히 늘어날 전망이다. 카메라의 크기에 따라 비용이 달라지는데, 반사경의 가격은 평균 5억 원으로 산정하였다.

국내의 인공위성 시장 역시, 다목적 위성의 1 m급 카메라를 비롯하여, 중형위성, 소형위성용 카메라, 정지궤도 복합위성의 기상해양환경 탑재체용 광학계 등 다양하다. 또한 해외로 수출하는 위성들도 증가할 것으로 전망된다. 1년에 카메라를 1개 꼴로 제작한다면 연 1억원 정도의 시장이 형성되어 있다고 보인다. 10년 후의 시장전망은 국제 성장률과 동일하게 적용하면 10억 원 정도 이나, 이는 보수적인 전망으로 보인다.

인공위성용 카메라 시장

인공위성 시장	현재의 시장규모(2016년)	예상 시장규모(2026년)
세계 시장규모	70기/ 350억원	350기/ 1,750억원
국내 시장규모	1기/ 5억원	5기/ 25억원
산출 근거	Satellite Industry Association Reports (2014, 2015)	

(나)-4.2 카본미러의 원기 개발 내용

카본 미러의 원기를 제작하기 위해서는 반사경의 형상을 잡아주는 mold가 있어야 하는 데, 정확한 형상을 만들기 위해서 1쌍의 몰드를 사용한다. 이때, 원기의 두께를 맞춰주고 가열 성형하는 동안 레진이 흘러내리지 않도록 하기 위한 장치를 고안하고 특허를 출원하였다. 아래는 특허의 내용이다.

관인생략
출원번호통지서

출원일자 2016.04.14
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 창조벤처(DP20150161)
출원번호 10-2016-0045668 (접수번호 1-1-2016-0355622-17)
출원인명칭 한국천문연구원(3-1999-037085-1)
대리인성명 정희환(9-2006-001271-1)
발명자성명 김영수 장정교 남욱원 김지현 한정열 나자경
발명의명칭 탄소섬유강화플라스틱(CFRP) 반사경 제작용 금형장치

특허청장

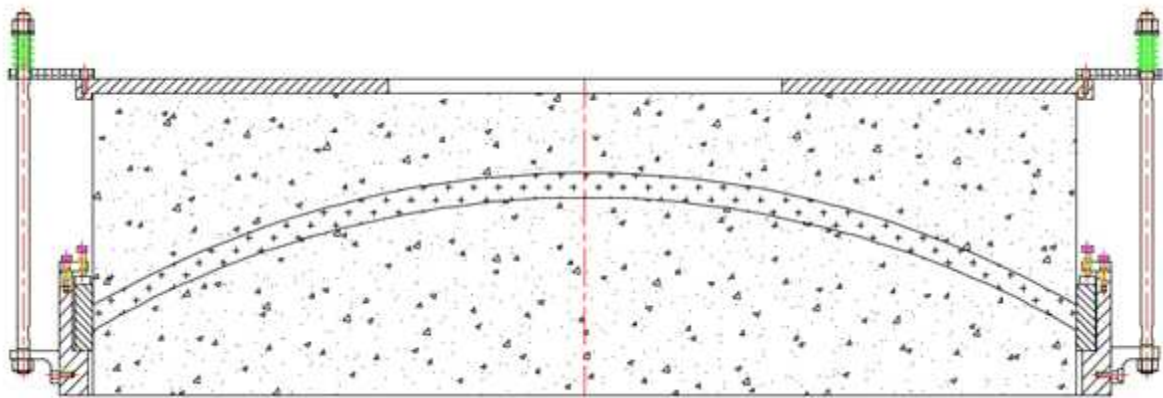
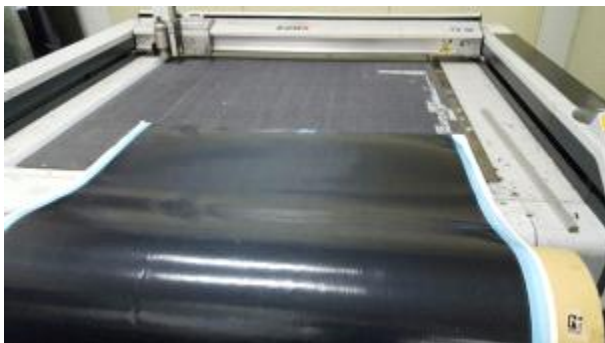


그림 40. 제작용 금형장치의 특허 그림

카본 미러를 제작하는 1단계로서 카본 미러의 원기를 제작하였다. 원기를 제작하는 재료는 카본 파이버 prepreg를 사용하여, 미러의 크기에 맞게 원형으로 절단한다. Prepreg는 SK 케미컬사의 USN150A와 Woven prepreg를 사용하였다. 적정한 두께를 찾기 위하여 4겹부터 20겹 까지 다양하게 제작하였다. 아래 사진들은 prepreg 모습과 몰드 한 쌍, 그리고 제작된 20겹의 원기 앞면과 뒷면 사진이다.



카본 파이버 prepreg.



미러 몰드와 이형제

그림 41. 파이버 미러의 원기 제작을 위한 prepreg와 몰드 등

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는
연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

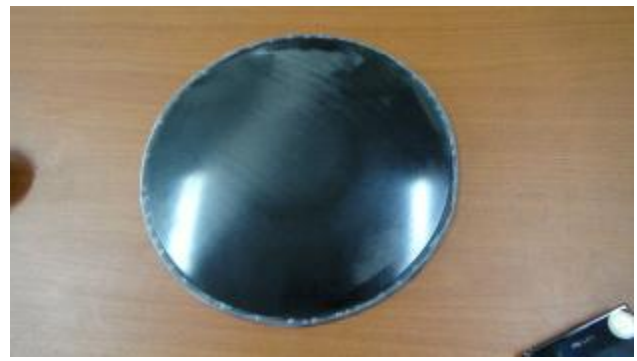


그림 42. 카본 미러의 원기 모습

또한 카본미러 원기에 니켈을 입히는 방법도 연구개발 중이다. 원기에 니켈가루를 입히는 방법과, 반대로 니켈면에 카본파이버를 입히는 방법도 시도하였다. 아래 사진은 구형의 니켈면에 카본파이버를 입혀본 시험 결과를 보여준다.

그리고 일반적으로 카본파이버를 120~150도의 온도로 성형하는 데, 상온에서 성형하는 진공압축 성형 방법이 개발되었다. 이러한 상온 성형 방법도 시행하는 것을 고려중이다.



그림 43. 구형의 니켈에 카본 파이버를 입힌 모습

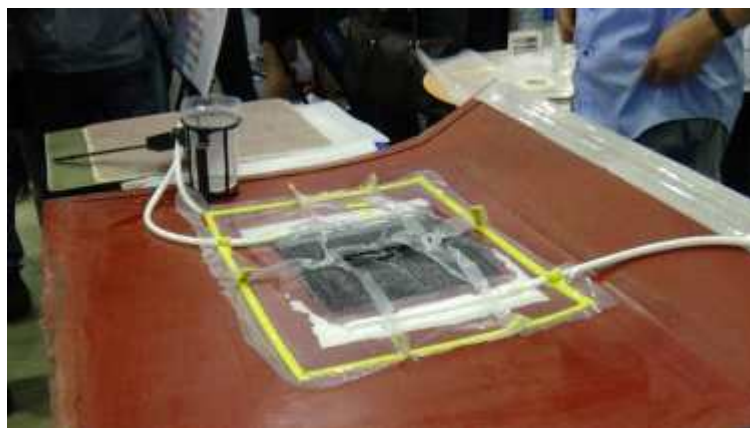


그림 44. 진공압축 성형 방식으로 카본 제품을 만드는 시연 모습

(나)-5 기타 연구개발

(나)-5.1 태양열 집광장치 개발

- 천문(연)이 추구하는 해시계 연구 및 광학망원경의 개발을 융합하여 태양을 추적하고, 그 태양광과 태양열을 집광하는 장치를 개발함.
- 지난 경주/울산 지진에서 위기감이 전달되었듯이 한국이 원자력 발전 뿐만 아니라 다양한 대체에너지의 필요성을 절감.
- 천문(연)이 추구하는 해시계 연구 및 광학망원경의 개발을 융합하여 태양광/태양열 발전에 도움이 되는 기술의 개발

① 주요 연구 수행 내용

- 태양광/태양열 발전의 기초 기술이 될 수 있는 광센서를 이용한 태양 추적 장치의 설계 및 시험
- 태양광/태양열을 집광하는 반사망원경의 구조 설계 및 시험을 통한 태양 집광 효율의 연구

② 특허 출원 내역

- 발명의 명칭 : 광센서를 이용한 태양 추적 장치 및 그 제어 방법 (Solar Tracker Using Photo Sensor And Method Of Controlling The Same)
- 발명자 : 한정열, 남옥원(중소기업협력센터), 민병희, 김상혁(이론천문연구센터), 박영식(우주천문연구그룹)
- 발명의 기술적 특징
 - 태양추적장치에 광센서를 설치하여 그 센서의 광량을 계산하여 태양을 추적함.
 - 야외에 설치했을 때 내구성이 강하며, 눈과 바람에 강인한 특성을 가짐.
 - 적도좌표계 시스템이나 지평자표계 시스템에 모두 사용 가능함.
 - 태양추적장치가 최대 5x5x5 cm 이내의 크기로 제작할 수 있음.
- 발명의 창의성(독창성)
 - 해시계의 영침과 영침 그림자의 형상을 역으로 활용하여 태양추적장치를 고안
 - 외형의 물리적인 형상과 크기만을 이용하여 사시사철 야외에서도 내구성이 강한 장치의 고안.
 - 좌표계 설정 및 위도의 정보 없이도 운행할 수 있는 태양추적장치의 고안
- 발명의 기여도 및 파급효과(경제적 측면, 기술적 측면)
 - 태양광(solar panel) 또는 태양열 (발전)장치와 함께 이를 구동하는 시스템과 결합하면, 태양을 추적하면서 활용할 수 있기 때문에 태양에너지의 효율을 적어도 2π배 증대할 수 있음.

③ 활용계획

- 특허기술의 적용분야
 - 태양광(solar panel) 또는 태양열 (발전)장치와 함께 이를 구동하는 시스템과 결합하면, 태양을 추적하면서 활용할 수 있기 때문에 태양에너지의 효율을 적어도 2π배 증대할 수 있음.
- 시장상황
 - 원자력 발전의 대체에너지로서 태양광 및 태양열 발전이 지속적으로 발전하고 있음.
 - 태양추적장치를 탑재한 반사망원경 모양의 태양광 및 태양열 발전 장치를 만들어 새로운 에너지 시장을 개척할 수 있음.
- 사업화 경쟁력

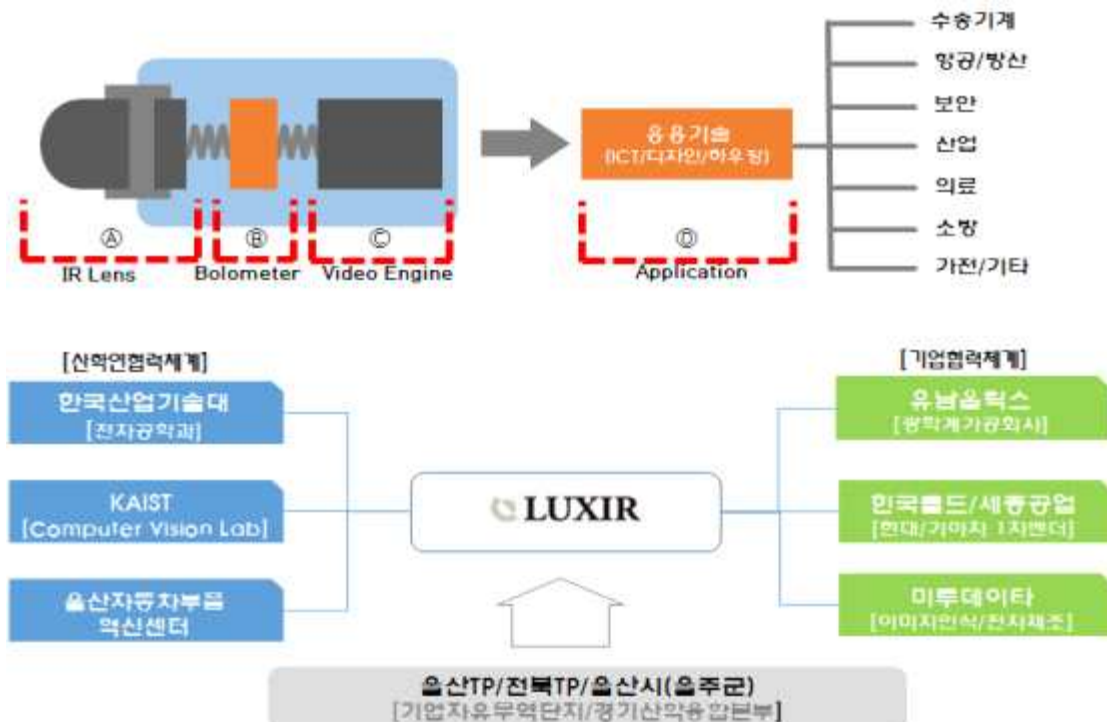
국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는
연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

- 가로등 및 도로변 태양광 발전 및 축전기를 이용한 분야에 본 태양 추적장치를 결합한 제품이 널리 활용될 수 있음.
- 사업화 추진계획 및 전략
 - 특히 천문(연)이 추구하는 해시계 연구 및 광학망원경의 개발을 융합하여 태양광/태양열 발전의 필요 기술을 개발
 - 본 태양추적장치를 탑재한 반사망원경 형 태양광/태양열 집광장치 및 에너지 변환을 극대화하는 장치를 고안할 예정임.

(나)-5.2 차량용 적외선 카메라 렌즈 설계

① 현황과 문제점

- 차량 내에 적외선 카메라를 설치하여 아동 등 차량에 잔류한 인체와 동물 등을 상시 파악하여 안전을 도모함.
- 적외선 카메라를 개발하여 자동차 업체에 납품
- 영상인식, 전자, 자동차 등 주요핵심 분야 협력체계를 구성하였으나 아직 IR광학체계는 가공회사가 협력파트너이기는 하지만 부족한 상황
- 적외선 광학계는 매우 복잡하고 국내에서 기업들이 부재하며 광학가공회사도 IR에 대한 경험 부족으로 협력체계가 절실하여 협력기업/기관과 세미나 개최
- 광학계가 차지하는 원가비중이 높아 이런 문제를 해결하기 위하여 일본/러시아/유럽 등을 방문하여 대량생산 체계 준비
- 2013년부터 한국산업기술대학교 전자공학과 및 초정밀가공센터와 협력으로 원적외선 열화상 카메라 제품개발



- 한국산업기술대학교 한러산업기술협력센터의 지원으로 러시아 국립전자광학연구소 사이

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는
연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

클론과 기술협력 동시 추진

- 1차, 2차 시제품은 개발하였으며 계속 경쟁력 있는 제품을 만들기 위해서 성능업그레이드를 진행하고 있음 (성능과 가격이 매우 중요)

• 지원 사항

- 적외선 카메라 렌즈 설계를 지원하고, 패밀리 기업으로 영입 준비 중



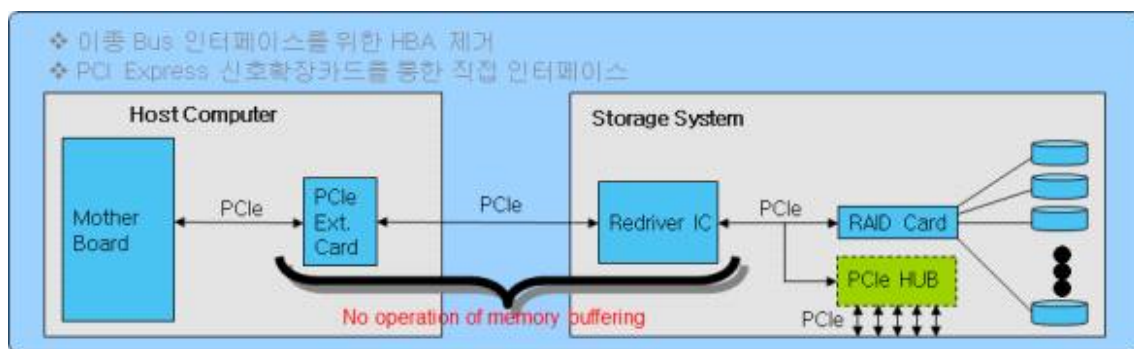
세부과제 3. 초고속 자료 전송 및 저장 시스템

(가) 연구개요 및 필요성

(가)-1 연구 개요

천문, 우주, 핵 물리, 기상, 생명 공학 등 기초과학분야에서 생성되는 데이터의 용량은 실로 방대하며 급격히 빠른 속도로 증가하고 있다. 이러한 대량 데이터를 어떻게 전송, 저장하고 효율적으로 관리할 지가 과학기술경쟁력과 직결되며, 이러한 추세는 향후 더욱 가속화될 것으로 전망된다. 무엇보다 과학기술분야에 고속 자료 저장 기술을 적용하려는 활발한 시도가 이뤄지고 있는 상황에서 해당 기술의 적용을 통해 기존에는 불가능하던 결과 도출은 물론 효율성 극대화 효과를 얻을 수 있다.

그 동안 출시된 다수의 스토리지는 이기종 인터페이스를 수용하기 위한 목적으로 HBA(Host Bus Adapter)에 기반하는 데이터 송수신 방식을 주로 채택해 사용하였다. 하지만 이는 일반 IT, 금융, 행정 서비스 등 비정형의 대용량 데이터 입출력에 적합한 것으로 천문, 핵물리, 생명과 같이 고속 대용량의 정형 데이터를 다루는 기초과학 분야에 적용하기에는 한계가 있다. 그 중의 하나로 데이터 전달 과정에서의 병목 현상을 들 수 있는데 이를 극복할 수 있는 기술로 PCI Express 기반의 데이터 입출력 기술이 있다.



PCI Express 인터페이스 기반의 스토리지 시스템 아키텍처

위 그림은 PCIe 인터페이스를 기반으로 하는 스토리지의 구성을 보여주고 있다. 정형 데이터의 초고속 처리를 위해 상기 인터페이스에 기반한 스토리지는 여러 가지 장점을 제공한다. 이는 시스템 간 별도의 HBA를 거치지 않고 바로 연결되기 때문에 스토리지 수에 비례하여 성능 향상 효과를 얻을 수 있고 병목 현상 역시 최소화시킬 수 있기 때문이다. 중소기업협력센터에서는 이러한 패러다임과 자체 보유한 고속 자료 전송, 저장 기술을 융합하여 초고속 자료 저장 솔루션을 자체 개발하였다. 이는 향후 전파자료를 처리하는 고속 시스템 분야나 기업의 서버용 자료 관리, 나아가 자료 전송을 수반하는 측정 장비 제작 분야에서 새로운 시장을 개척할 수 있을 것으로 예상된다.

(가)-2 연구 필요성

(가)-2.1 지원 대상 기술·제품의 중요성

본 지원 대상 기술은 우주전파 관측에 사용되는 고속 대용량 전파자료 샘플링 기술을 바탕으로 하는 10GbE(10Gbit Ethernet)을 사용한 자료 전송 인터페이스 모듈과 이를 실시간으로 저장하는 고속 자료 저장 시스템 기술을 포괄한다. 개발의 핵심적 목표는 초고속 자료 전송 및

저장 솔루션 개발에 있다.

(가)-2.2 지원 대상 기술·제품의 파급효과

[기술적 측면]

- 하루 수 TB 바이트 이상으로 쏟아지는 대용량 데이터에 대한 효율적 저장 및 관리는, 과학기술분야의 당면 과제. VLBI 관측 자료처리는 그 중 상위권에 해당하는 대용량 자료를 생산
- 대용량 자료처리에 특화된 다양한 과학적 자료를 다룰 수 있는 10GbE 인터페이스 모듈 기술과 PCIe(PCI Express) 인터페이스 기반의 자료저장 기술은 대용량 자료 처리에 있어 새로운 기술 주도권 확보 용이
- 과제를 통해 개발된 기술이 검증의 과정까지 거치게 되면 다양한 고부가가치 장비 분야에 응용이 가능할 것으로 예상

[경제적·산업적 측면]

- 국내에서 고속 자료저장 시스템은 초고가로 특수 분야에 한정되고 전량 해외에서 수입하고 있는 실정. 고속 자료 전송 및 저장 시스템이 우리 역량으로 개발된다면 국내 관련 기업체 장비의 수입대체 효과 뿐만 아니라 해외 수출까지 가능할 것으로 기대
- 대용량 데이터 처리는 광 전송 모듈, 초고속 네트워크, 스토리지 등을 아우르는 영역으로서 본 과제 수행을 통한 과학기술계와 관련 업계의 동반 상승 계기 마련
- 수 십 ~ 수 백 PB(Peta Byte)이상의 자료처리 센터로의 업그레이드 및 정보 거점화

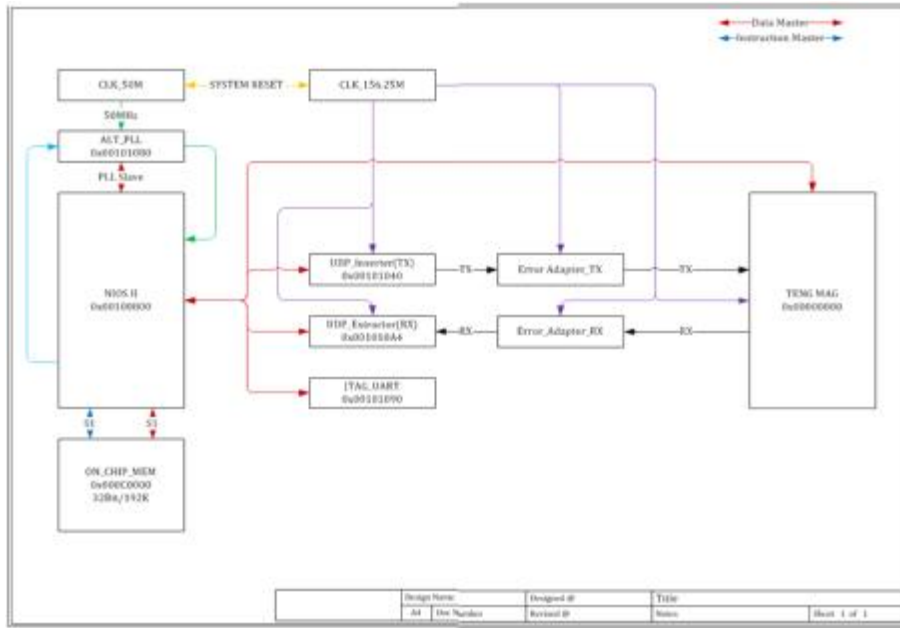
[사회적 측면]

- 학계와 기업, 기관 등을 위한 대용량 고속 서버 시장 개척
- 이로부터 얻어진 기술과 노하우는 향후 HEP(High Energy Physics), 기상, 생명 등 e-Science 분야로 확장 용이

(나) 주요 연구 수행 내용

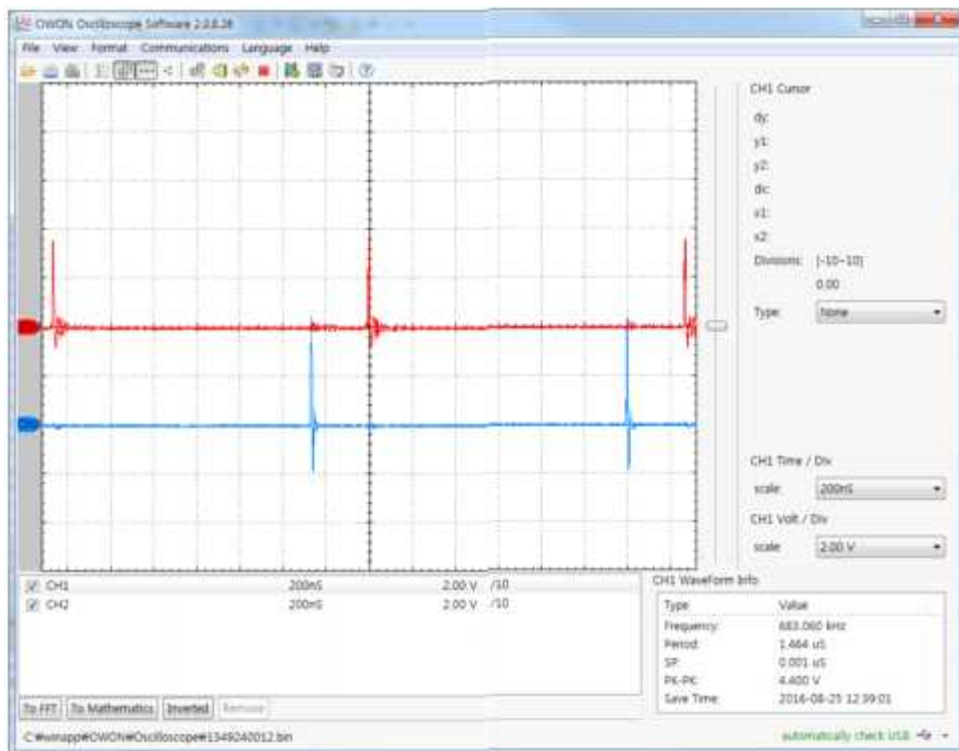
(나)-1 초고속 자료 전송 모듈 본체 개발

10G 기반 전송 시스템 구현 및 실제 데이터 전송 시험 진행 과정에서 UDP(User Data Protocol) 데이터그램 전송 펌웨어를 개발하였다. 입력 데이터를 64bit/156.25MHz로 하여 10Gbps UDP 실시간 데이터 전송 실험 및 검증 작업을 수행하였다. 최대 전송률을 확보하기 위하여 Full Hardware 방식으로 UDP 전송 모듈을 구성하였다. 이를 위해 FPGA 내부에서 Nios의 역할은 MAC 및 IP 주소, 포트 번호 등 기타 환경 설정의 기능만 수행하는 것으로 제한하였다. 또한 직접 MAC을 제어하는 방식을 통해 하드웨어 기반으로 데이터가 전송되도록 하였다. 아래 그림에서 보듯이 전송 시스템은 하드웨어적으로 UDP 데이터 처리 코어가 직접 MAC을 제어 하는 구조로 되어 있으며 개발을 위한 도구로 UDP Inserter 및 Extractor를 Verilog HDL가 사용되었다.



10Gbps UDP 통신 시험 구성 블록도

실제 데이터 전송 실험은, 최대 전송 효율을 가질 수 있도록, 페이로드 사이즈를 1492바이트로 지정하였다. 그 중 데이터 패킷의 사이즈와 헤더의 크기는 각각 1468바이트, 28바이트이며, 이에 대한 통신 시험 결과는 다음 그림에서 확인할 수 있다. 입력 데이터가 64비트/125MHz로 8000Mbps인 경우에도 이전과 동일하게 MAC 전송에 필요한 시간은 1.2144us이고, 입력 데이터 획득 시간은 1.464us이다. 이를 통해 입력 데이터가 손실 없이 10G 통신망을 통해 정확히 전송되고 있음이 검증되었다.

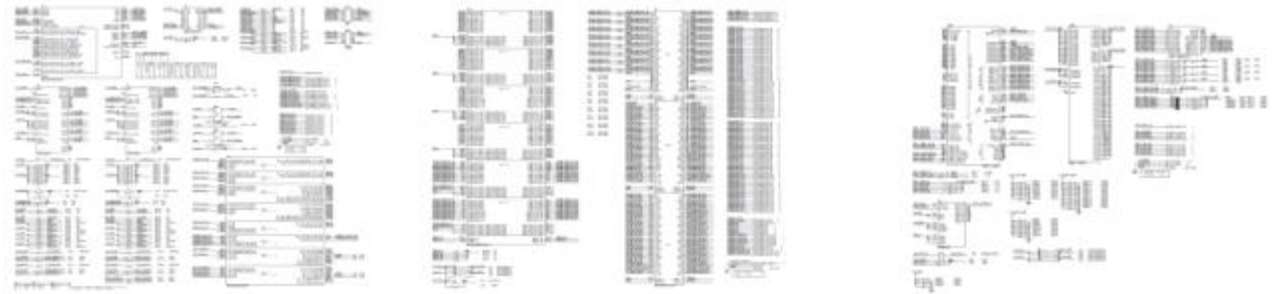


입력 데이터가 64비트/125MHz(8000Mbps)인 경우, 10Gbps UDP 전송 시험

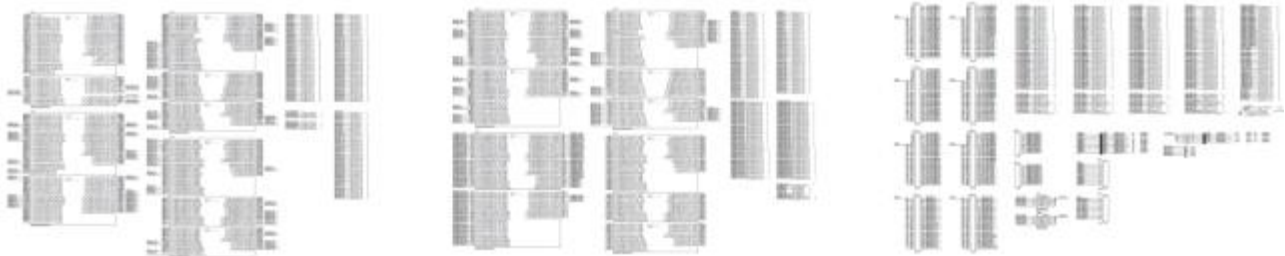
위 그림에서 빨간색과 파란색은 각각 패킷 시작과 끝을 나타내며 MAC의 물리적 한계인 10Gbps의 전송 속도가 모두 사용되고 있음을 볼 수 있다. 실험에 사용한 입력 데이터는 UDP

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는
연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

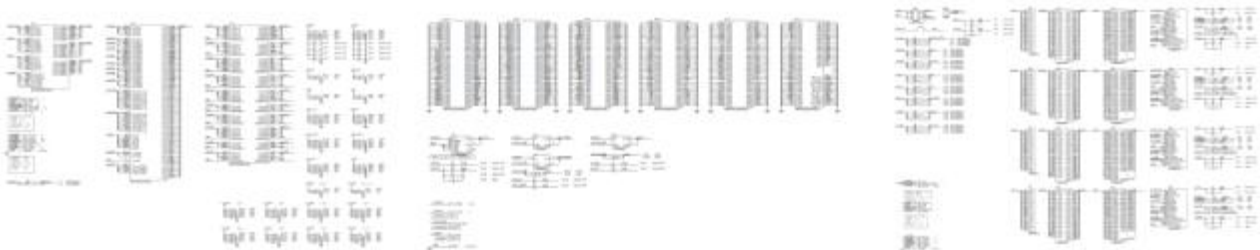
기반의 데이터그램으로서, 실시간 무결성 데이터 전송이 되는 것을 알 수 있다. 이를 위한 핵심 디바이스로 독립적인 10Gbps 자료 전송을 위한 모듈 회로도 설계 및 PCB 보드 제작이 완료하였다. 아래 그림은 이에 대한 상세 내역을 보여주고 있으며 2월 초에 초고속 자료 저장 시스템과 직접 연결을 통해 임의의 UDP 자료 전송 및 저장 시험 등을 진행할 예정이다.



주 회로부(RF input, FPGA, Digital circuit)



인터페이스 부(Digital Interface, External Port)



전원 부

독립적인 10Gbps 자료 전송 모듈 설계

(나)-2. 초고속 자료 저장 시스템 개발

(나)-2.1 하드웨어 시스템 설계

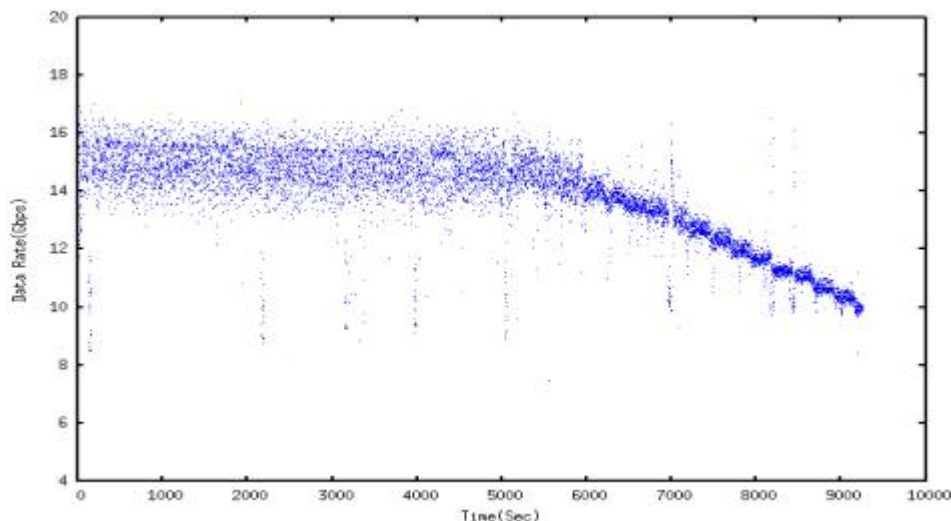
개발된 시스템은 임의의 UDP 데이터를 초고속 캡처, 저장할 수 있는 스토리지로서 리눅스 환경에서 실행되는 소프트웨어와 고성능의 하드웨어 기성품에 기반한다. 시스템 내부에서 8Gbps 패킷에 대한 안정적인 기록 처리가 이뤄지기 위해서는 외부 네트워크로부터 패킷 유입 시, 안정적인 캡처 및 메모리 복사가 이뤄져야 한다. 보다 신속한 데이터 입출력이 가능하도록 우리는 RAID0 기반으로 16개의 1TB 디스크를 16TB 용량의 아카이브로 가상화시켰다. 테스트베드로 사용된 시스템 형태 및 사양을 소개하면 다음과 같다.



Items	Description
CPU	2CPU / Intel Xeon E5-2623 v3 3.0GHz/10M Cache/8.00GT/s QPL Turbo HT/4C/8T (105W)
Memory	64GB (8ea * 8GB) RDIMM, 2133MT/s, Dual Rank, x8 Data Width
Storage Capacity	16TB (16ea * 1TB) 7.2K RPM SATA 6Gbps 3.5in Hot-plug Hard Drive/13G
NIC	Intel X520 DP 10Gb DA/SFP+ Server Adapter
Tranceiver	1ea * SFP+, SR, Optical Transceiver, Intel, 10Gb-1Gb

초고속 데이터 기록용 스토리지 서버 샤시(좌) 및 시스템 사양(우)

초고속 데이터 기록이 구현되기 위해서는 안정된 성능의 하드웨어를 기반으로 소프트웨어가 가동되어야 한다. 이에 따라 상기 시스템이 초고속 스트림 기록에 적합한지 검증하기 위해 먼저 입출력 성능을 측정하였다. 데이터 소스, 네트워크 등에서 발생 가능한 외부 변수를 최소화 하고 시스템 자체의 성능을 정밀 진단하기 위해 메모리 버퍼에 로딩된 임의 크기의 데이터를 스토리지에 연속적으로 기록하고 그 과정에서 데이터 증가 추이를 모니터링하는 방법을 사용하였다. 해당 실험을 통해 얻어낸 결과를 도시하면 아래와 같다. 이를 통해 알 수 있듯이 전체 레이드 어레이 용량 중 12TB까지는 12Gbps 이상으로 일정하게 성능이 유지되다가 이후 하향 되고 있음을 확인할 수 있다. 하지만 최저 성능은 8Gbps 이상으로 본 논문에서 구현하고자 하는 스트림 기록에는 문제가 없음을 알 수 있다.

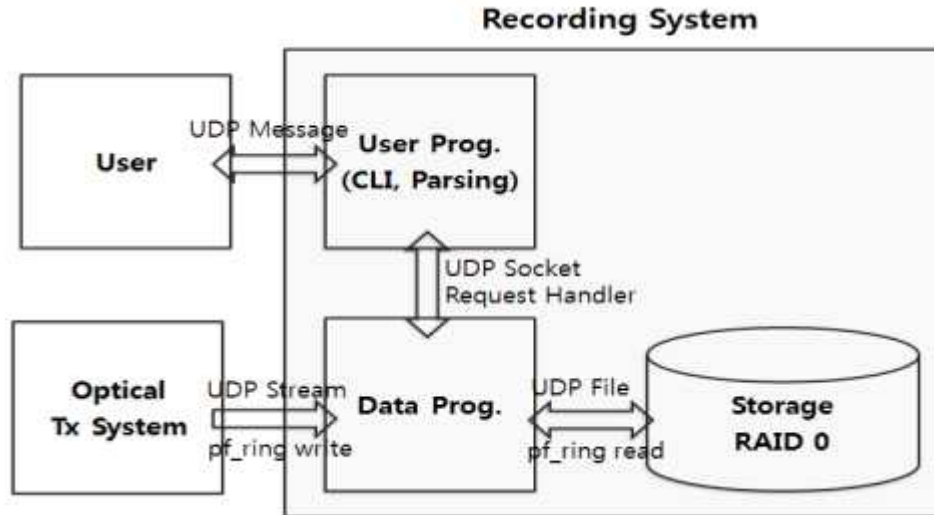


하드웨어 레이드 기반 스토리지 상의 기록 성능 측정

(나)-2.2 소프트웨어 설계

우리가 설계 및 개발하고자 하는 데이터 기록 시스템은 네트워크에 연결된 형태로서 표면적으로는 NAS(Network Attached Server)를 지향한다. 외부 네트워크로부터 UDP 데이터그램 형태로 유입되는 패킷을 신속하고 안정적으로 처리함에 있어서 메모리 상의 캡처, 버퍼링은 반드시 구현되어야 할 핵심 기능이다. 이를 관련된 라이브러리 패킷 캡처 및 버퍼링에 널리 사용되고 있는 libpcap과 pf_ring을 선택하였다. 또한 프로그램은 기능 및 역할에 따라 사용자 프로그램과 데이터 프로그램으로 세분화 가능하다. 시스템 구성을 블록 다이어그램으로 나타내면

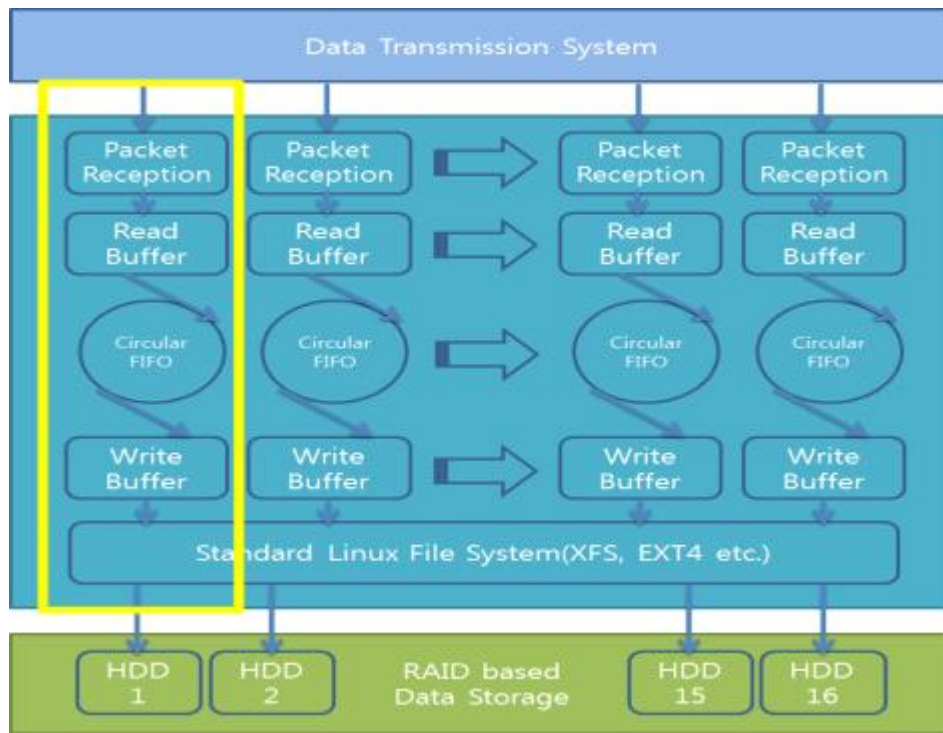
다음과 같다



레이드0 기반의 스토리지 시스템 및 사용자, 데이터 프로그램 설계

사용자 프로그램은 사용자로부터 명령에 해당하는 임의의 문자열을 입력받아 파싱 처리한 후 데이터 프로그램으로 전달하는 역할을 한다. 데이터 프로그램은 파싱된 커맨드 및 파라미터에 준하여 시스템 상에서 실제적인 데이터 캡처 및 기록을 수행한다. 그에 대한 데이터 처리 내역은 시스템 상태와 더불어 다시 사용자 프로그램으로 반환되며 이를 위한 두 프로그램 간 통신은 UDP 기반 소켓 통신으로 구현하였다. 사용자 프로그램은 사용자와 데이터 프로그램 사이에서 문자열을 기반의 입출력을 수행하기에 결코 높은 성능이 필요치 않다. 다만, 효과적인 사용자 입력 전달 및 에러 및 시스템 상태 관리를 위한 문자열 처리가 중요한 특성을 감안하여 파이썬으로 개발되었다.

데이터 프로그램은 초고속 데이터 흐름에 관련된 일련의 작업을 수행한다. 이에 따라 10GbE NIC에 수신된 데이터는 일차적으로 대용량 RAM 버퍼에 저장되고, 이후 다수의 디스크로 구성된 스토리지 상에 저장된다. 이를 실제 구현하기 위해서는 기록 대상에 해당하는 데이터의 시작과 끝이 VLBI에서 타임 스탬프 검사를 통해 정밀하게 제어되어야 한다. 고속의 패킷 캡처와 버퍼링은 대용량 메모리 관리와 더불어 NIC, 스토리지에 대한 제어를 수반한다. 또한 그 과정에서 상당한 시스템 자원이 요구된다. 이러한 특성에 따라 데이터 프로그램은 직접 메모리를 다루고 시스템 성능에 최적화되어 있는 C로 작성하였다. 상기 설명한 프로그램의 세부 구성 및 동작 메커니즘을 블록다이어그램으로 간략화하면 아래 그림과 같다.



패킷 수신, 메모리 버퍼링 및 스토리지 기록을 위한 작동 메커니즘. UDP 기반의 각 데이터그램은 10GbE 개별 포트에 전송됨

위 블록 다이어그램에서 알 수 있듯이 패킷 처리는 실질적으로 링 버퍼를 기준으로 네트워크 단과 스토리지 단으로 구분된다. 네트워크 단은 패킷이 유입되는 소스로서 역할을 하며 스토리지 단은 입력된 패킷을 스토리지에 출력하는 목적지에 해당한다. 데이터 흐름에 따라 상기 블록 다이어그램에 기반한 데이터 처리 동작 메커니즘을 세부적으로 기술하면 다음과 같다. 먼저, 시스템에 유입되는 패킷은 libpcap을 통해 수신되고 이후 메모리를 이용한 대용량 환형 FIFO(First In First Out) 버퍼에 입력되어 버퍼링된다. 메모리 버퍼의 용량이 클수록 고속으로 유입되는 패킷을 보다 효과적으로 처리할 수 있다. 이에 따라 시스템이 보유한 메모리 용량의 상당부분을 패킷 버퍼링을 위해 정적으로 할당하였고 타 프로그램에 의해 점유되어 사용되는 일이 없도록 하였다. 입력 패킷에 대한 버퍼링과 함께 메모리 버퍼는 스토리지에 대한 데이터 출력도 병행하여야 한다. 이 두 가지 작업을 보다 효율적이고 안정적으로 처리하기 위해 입출력 모듈 각각에 별도의 프로세서를 할당하였다. 나아가 스토리지에 대한 데이터 기록 과정에서 데이터 프로그램 내부에서 패킷 입출력이 동시에 수행되어야 하는 점을 감안하여 스레드 기법을 적용하였다. 대용량 패킷에 대한 보다 효과적인 입출력 버퍼링 처리를 위해 링 버퍼 기술을 적용하였고 이를 위한 API로 pf_ring 라이브러리를 호출하였다. 관련해서 데이터 프로그램 구현을 위한 주요 함수로 pfring_open, pfring_config, pfring_recv, pfring_close 등이 사용되었다.

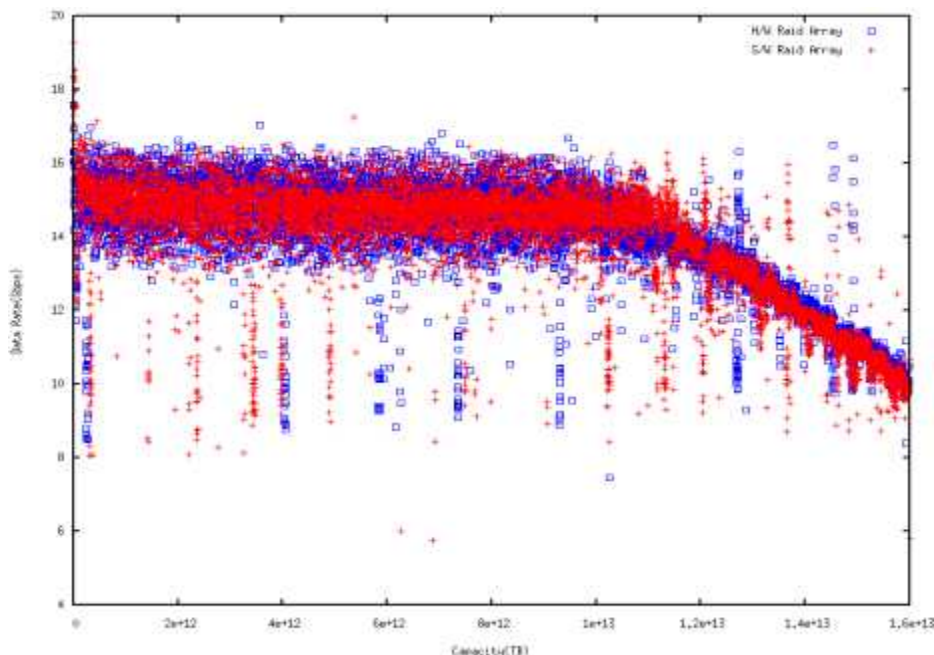
일반적으로 스토리지 시스템에는 2개 이상의 10G NIC가 장착되어 있고 각 NIC는 2포트를 지원한다. 따라서 시스템에 입력 가능한 스트림 개수는 10GbE 네트워크 포트 수에 가변적이다. 이를 감안하여 위 그림에서는 패킷 수신, 입출력 버퍼를 병렬 형태로 도시하였다. 하지만 본 개발에서는 8Gbps 속도로 입력되는 하나의 스트림에 대한 메모리 버퍼링 후 기록을 목표로 하고 있으며, 데이터 소스에 해당하는 전단부의 전송 시스템과 연결되는 광 패치 케이블이 1회선인 점을 감안하여 입력 스트림은 1개로 제한하였다. 이에 따라 데이터 캡처 및 기록을 구현하는데 있어 10GbE 포트 하나로도 충분하고 링 버퍼를 여러 개로 분할할 필요가 없다.

상기 그림의 노란색 박스는 이에 대한 부분을 보여주고 있다.

(나)-2.3 스토리지 성능 최적화

이와 더불어 스토리지 상에서 안정적으로 데이터를 저장하기 위한 기술의 일환으로 일정한 속도를 갖는 하드디스크 기록 제어 방법에 대한 연구를 진행하였다. 데이터 전송 시스템으로부터 수신되는 스트림을 안정적으로 기록하기 위해서는 스토리지의 성능 변화가 최소화되어야 한다. 하지만 현재 물리적으로 다수의 하드디스크로 구성되는 스토리지의 경우 데이터 기록 전반과 후반부에 현저한 성능 차이가 발생하며 이는 스토리지의 기록 성능을 분석한 결과를 통해서도 확인할 수 있다. HDD(Hard Disk Drive) 기반 스토리지 하에서 성능이 불안정할 수 밖에 없는 것은 HDD의 구조와 연관이 있다. 즉, 하드디스크는 플래터라는 커다란 원판 위에 데이터를 기록하고, 정보 입출력 과정에서 원판을 빠른 속도로 회전시키게 되는데 하드디스크의 바깥쪽과 안쪽 사이에 선속도의 차이가 존재하기 때문에 성능 격차가 발생하는 것이다. 이는 일반 사용자에게는 큰 문제가 되지 않을 수 있지만 고속 데이터 저장을 원하는 사용자의 경우 그동안 초기 일정 용량 사용 이후 더 이상 하드디스크를 사용하지 못하는 결과를 야기시켰다. 스토리지 후반부의 낮은 성능으로 사용하지 못하는 이러한 상황은 스토리지 활용에 있어서도 결코 간과할 수 없는 부분에 해당하는 것으로 개선 방안이 마련되어야 할 것이다.

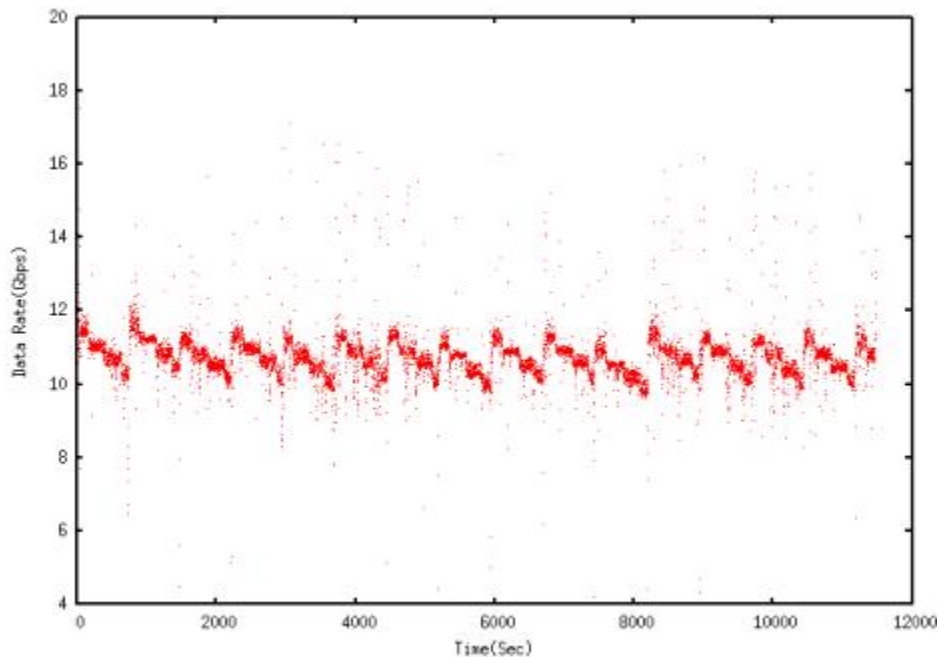
상기 부작용을 극복하기 위해서는 먼저 스토리지의 성능 편차가 최소화되어야 한다. 이를 구현하기 위한 방안으로 본 연구에서는 소프트웨어 레이드 기반으로 스토리지 재구성하는 접근법으로 안정화를 구현하고자 한다. 그리고 이를 위해서는 “소프트웨어 기반 레이드 어레이의 성능이 하드웨어 기반 레이드 어레이에 필적해야 한다”는 한 가지 전제 조건이 만족되어야 한다. 이는 본 연구에서 제안하는 방법이 스토리지 상의 데이터 기록을 개시를 일정 간격으로 제어하는 것에 착안하고, 이를 위한 수단으로 분할된 파티션을 이용하기 때문이다. 관련해서 mdadm 기반으로 구성된 소프트웨어 레이드 기반 스토리지와 하드웨어 레이드 기반 스토리지의 성능 비교 결과를 도시하면 다음과 같다.



하드웨어 및 소프트웨어 레이드 기반 스토리지의 성능 비교

위 그림에서 파란색 □로 표시된 점들은 앞서 그림 5와 동일하게 하드웨어 레이드 기반 스토리지의 성능을 나타낸다. 반면, 빨간색 +로 표시된 점들은 소프트웨어 레이드 기반으로 재

구성된 스토리지의 성능을 보여주고 있다. 이 결과를 통해 마더보드와 HDD 간 인터페이스의 성능 한계로 입출력 속도가 15Gbps 내외로 제한되는 전반부를 포함한 스토리지 전 구간에서 하드웨어 및 소프트웨어 레이드 어레이의 성능이 일치한다는 사실을 알 수 있다. 이는 소프트웨어 레이드를 구현하는 mdadm이 그만큼 시스템에 최적화되어 최상의 성능을 이끌어내기 때문인 것으로 풀이된다. 소프트웨어 레이드 기반으로 스토리지를 재구성하는 것은 성능 편차 해소를 통해 스토리지 후반부의 낮은 성능을 조금이라도 개선하기 위함이다. 본 연구에서는 이를 위한 접근법으로 스토리지를 구성하는 각 디스크의 파티션에 대한 분할 및 재조합을 시도하였으며, 해당 절차에 대해 기술하면 다음과 같다. 먼저 parted를 이용해 스토리지를 구성하는 n개의 하드디스크 각각에 대해 n개의 파티션을 분할하는 것이 선행되어야 한다. 이후 각 디스크에서 분할된 파티션을 앞에서부터 순차적으로 추출하여 가상의 물리 볼륨을 n개 생성한다. 가상의 물리 볼륨은 각 원본 하드 디스크에서 순차적으로 발췌된 파티션을 기반으로 구현되었기에 모두 동일한 입출력 성능을 갖는다. 이후, 마지막 단계로 LVM(: Logical Volume Manager) 적용을 통해 n개의 물리 볼륨을 거대한 하나의 볼륨 그룹으로 통합하고 해당 볼륨에 파일 시스템을 구축함으로써 최종적으로 안정적인 입출력 성능을 지원하는 거대 스토리지를 구축할 수 있다.



성능 편차 감소를 통한 소프트웨어 레이드 기반 스토리지 안정성 재고

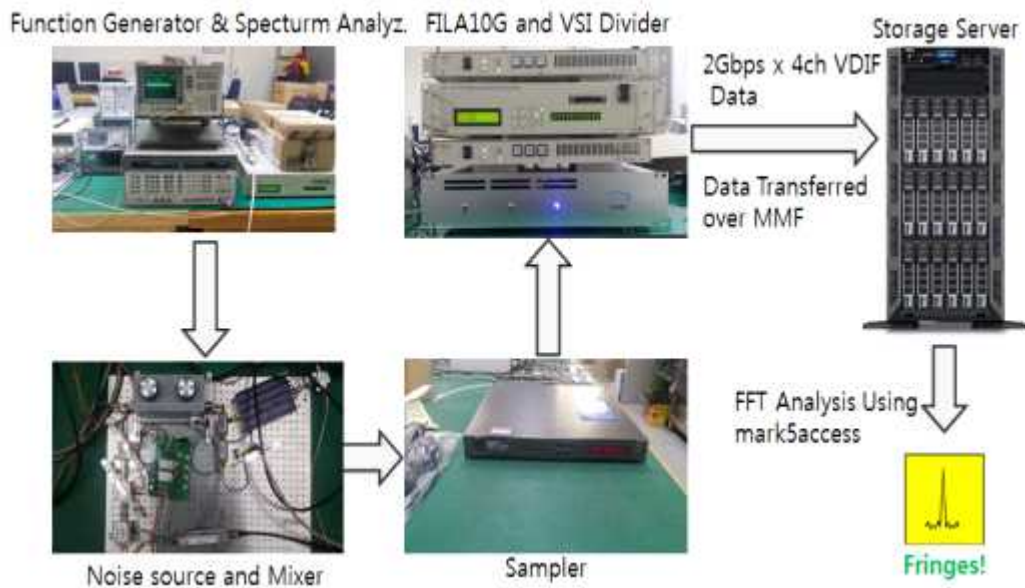
위 결과는 기존의 스토리지 시스템에 적용하여 개선된 입출력 특성을 나타내는 것으로 이전과 비교 시 편차가 개선되고 스토리지 성능이 다소 안정화된 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 사용자는 스토리지 전반에 걸쳐 안정적으로 데이터를 기록하는 것이 가능하다.

(다) 테스트 베드 구축 및 성능 평가

지금까지 초고속 데이터 입출력 구현을 위한 데이터 저장 시스템 설계 및 최적화 방안에 대해 기술하였다. 본 연구에서는 해당 시스템의 유효성 및 안정성이 검증하기 위한 성능 지표로 8Gbps 패킷에 대한 안정적인 저장을 1차 성능 목표로 설정하였다. 세부적으로는 네트워크를 통해 입력되는 데이터를 고속으로 기록하는 과정에서 패킷 손실율은 0.1% 이하로 유지되어야 하며 이를 통해 데이터의 자기상관 처리 이후 프린지가 검출된다면 시스템의 성능을 효과적으로 검증할 수 있다. 실제 천체 관측이 이뤄지는 각 전파천문대의 경우 전파망원경과 수신기를

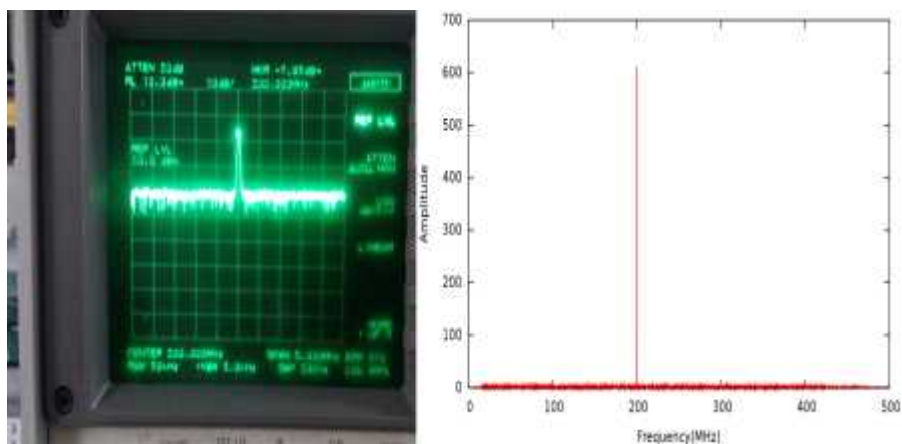
국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는
연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

통해 입력되는 전파 신호는 이후 BBC(Base Band Converter), 샘플러, 데이터 획득 시스템을 거쳐 적절한 포맷의 디지털 데이터로 변환된다. 이에 따라 본 연구에서도 이와 유사하게 신호 생성 및 전달 체계를 실험실 내에 재현하였고 개발된 시스템의 유효성 검증 및 정량적 성능 평가를 위해 테스트베드를 아래와 같이 구축하였다.



개발된 스토리지의 성능 평가를 위한 실험 환경 및 도출 결과

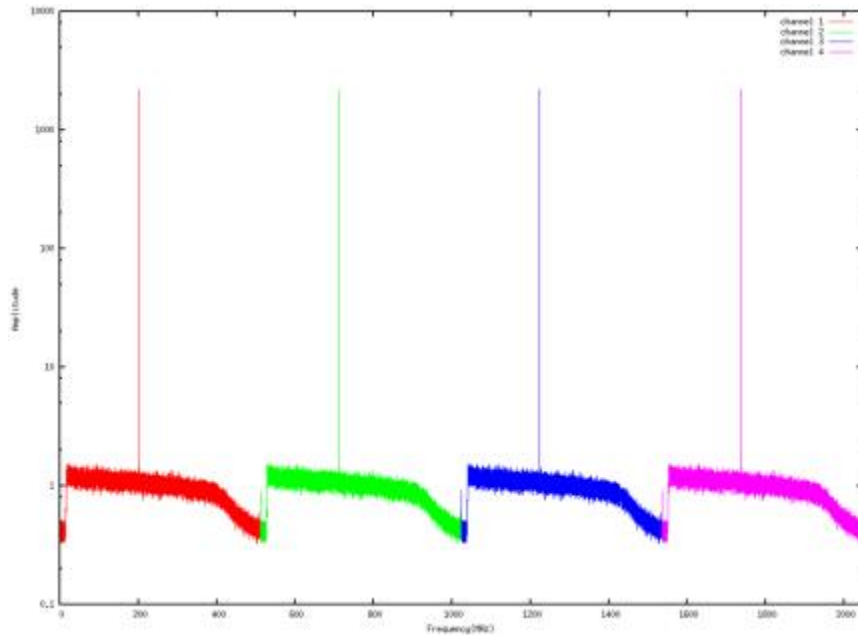
좌측 상단에 위치한 신호 발생기에 의해 생성된 200MHz 주파수 신호는 노이즈 신호와 합성되어 샘플러로 전송된다. 샘플러에서 아날로그 타입의 데이터는 양자화되어 디지털 신호로 변환되고, 이후 데이터 포맷 변환장치인 FILA10G를 통해 최종적으로 VDIF 기반의 UDP 데이터그램이 스토리지로 송신된다. 본 연구에서 개발된 스토리지가 정상적으로 작동하고 데이터 처리에 문제가 없다면 데이터 기록 후 그에 대한 FFT(Fast Fourier Transform) 분석 과정에서 신호발생기에서 생성된 것과 동일한 주파수 신호가 검출되어야 한다. 해당 주파수 크기는 200MHz로서 실제 기록된 데이터를 mark5access를 통해 분석한 결과를 도시하면 아래 그림과 같다. 이를 통해 512MHz 대역폭을 갖는 주파수 신호의 경우 스토리지 상에 2Gbps 속도로 정상적으로 기록되었음을 알 수 있다.



스펙트럼 분석기를 통해 확인한 신호 발생기 주파수 출력 200MHz와 노이즈 (좌) 및 해당 합성 신호에 대한 FFT 분석 결과(우)

위 아래 그림에 도시된 그래프는 512MHz 대역폭 1채널에 해당하는 것으로 이를 동일하게

4중 복제할 경우 총 데이터 양은 4배가 되며 전송 속도 역시 이에 비례하여 8Gbps로 증가한다. 개발된 시스템은 최대 10Gbps 이상의 기록 성능을 지원하는 스토리지로서 정상적으로 동작할 경우 이 신호가 완벽히 재현되어야 한다. 이를 위해 VSI(VLBI Standard Interface) 디바이서를 통해 200MHz 주파수 및 노이즈 신호를 동일하게 4개로 복제하여 8Gbps 신호를 생성하였고 스토리지 상에서 이를 기록하였다. 하단의 그래프는 해당 데이터를 FFT 분석한 결과로서 4개의 파형이 동일한 노이즈 패턴을 보이고 있고, 동일한 위치에서 200MHz 주파수 신호가 반복되어 출력되는 것을 확인할 수 있다. 이 결과를 통해 개발된 스토리지에 8Gbps 신호가 정상적으로 기록되었음은 물론 시스템 내부에서 데이터 캡처 및 버퍼링이 완벽하게 구현되었음을 검증하였다.



512MHz 대역 4채널로 구성된 8Gbps 기록 데이터에 대한 FFT 분석 결과

(라) 테스트 베드 구축 및 성능 평가

출원연도	특허명	발명자명	출원인	출원국	출원번호	활용형태
2016	일정한 최적 속도를 갖는 하드디스크 기록 제어 방법	송민규 외 3명	한국천문연구원	한국	10-2016-0143184	기술이전 준비 중

세부과제 4. 광파면 측정기 개발

1. 광파면 측정기 개발 개요

광학요소 가공 및 광학시스템 개발에 있어, 측정기술은 반드시 확보해야할 핵심기술이다. 광산업에서 활용하는 가장 보편적인 광파면 측정장치인 레이저 간섭계는 매우 높은 측정 정밀도로 광학면 및 광학계의 파면성능측정을 수행할 수 있으나, 정밀도가 높은 대신 측정범위가 좁은 한계를 갖고 있다. 따라서 비구면 제품의 측정 및 정렬 단계에서 광학 회절무늬(fringe) 획득이 매우 어렵거나 측정 자체가 실패할 가능성이 매우 높아 활용상의 제약과 어려움이 많다. 이런 활용상의 어려움을 극복하기 위해 광산업 현장에서는 넓은 파면 측정범위를 갖는 측정기술을 개발할 필요성이 있었다. 그러나 대부분의 중소기업에서는 R&D 인력과 역량의 부족으로 현실적으로 개발이 어려운 상황으로, 천문연구원의 패밀리 기업인 (주)그린광학에서도 다양한 응용이 가능한 파면측정센서에 대한 개발 필요성이 있었다. 이러한 중소기업의 R&D 수요 요구에 대응하기 위해 천문연구원 중소기업협력센터는 기존 레이저 간섭계들 보다 파면측정범위가 상대적으로 넓은 광파면 측정기 개발(기업수요형 R&D 과제)을 수행하게 되었다.

광파면 측정기 개발 과제의 연구범위는 광파면 측정기 하드웨어 구성, 파면측정 알고리즘 구현 그리고 측정결과를 가시화할 수 있는 소프트웨어 사용자 환경 구현이다. 광파면 측정기의 구성은 다양한 활용이 가능하도록 빔분할기 중심으로 측정광원 및 광학 악세서리가 배치된다. 또한 활용 대상에 따라 적합한 영상센서가 사용할 수 있도록 파면 영상센서의 교체가 가능한 구조로 제작되었다. 미소렌즈배열을 이용한 Shack-Hartmann 방식의 광파면측정기는 두 가지 방식(지역복원 및 모드복원)으로 파면복원을 구현할 수 있다. 지역(zonal) 파면복원을 위해 오차전파가 가장 적은 것으로 알려진 Southwell 복원 알고리즘을 적용하였고, 모드(modal)파면복원은 Zernike 다항식을 이용한 다항식 fitting을 통해 파면을 복원하였다. 사용자 소프트웨어는 C 언어 기반의 개발자 환경에서 이루어졌으며, 측정된 파면은 3차원 영상으로 가시화하였다. 측정결과를 가시화를 위해 OpenGL를 사용하였다. 사용자 환경을 통해 영상센서 선택에 따른 설정값 변경, 미소렌즈의 기준 위치값 교정 등의 설정 기능을 수행하고, 가시화 기능을 통해 미소렌즈 영상의 변화 및 복원된 파면형상정보가 출력된다.

2. 광파면 측정기

가. 파면측정기 파면 측정 원리

Shack-Hartmann(Shack-Hartmann) 파면 측정기는 파면의 위상을 측정하는 센서이며, 파면의 국부 기울기들을 측정하고 계산함으로써 전체 입사 파면을 복원하는 원리를 사용한다.

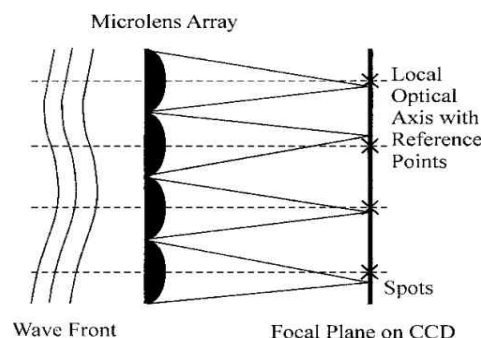


그림 1 Shack-Hartmann 센서의 구성 및 국부 기울기 측정

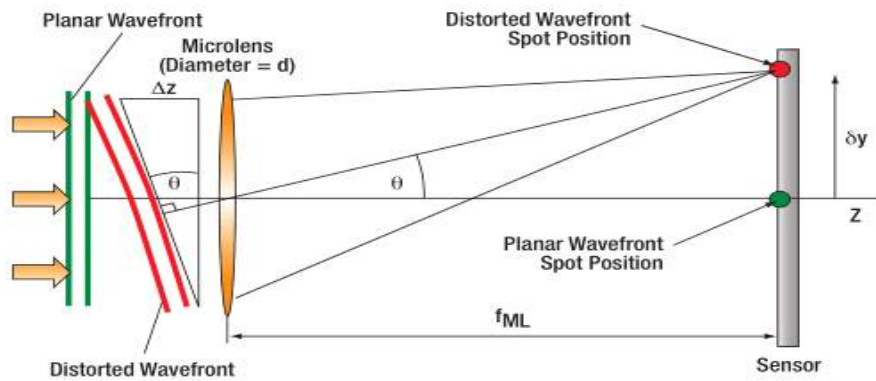


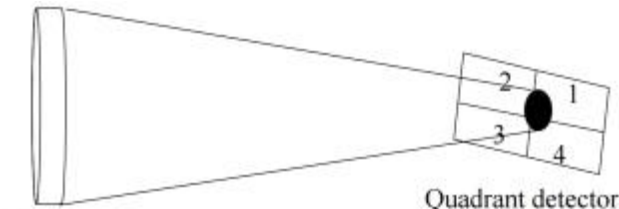
그림 2. 삭-하트만 센서의 파면기울기 측정 원리 - f_{ML} : 렌즈의 초점거리, δy : 결상점의 변위

삭-하트만 방식, 광파면 측정기의 측정원리로서, 왜곡된 파면이 2차원의 미소렌즈배열에 입사하게 되면, 각각의 미소렌즈에 국부적으로 입사한 파면은 입사한 파면의 기울기에 따라 마이크로렌즈 각각의 광축에서 벗어난 위치에 결상을 하게 된다(그림 1). 그림 2는 각각의 미소렌즈에 입사한 파면으로부터 파면의 기울기를 구하는 원리를 나타낸다. 그림 4에서와 같이 광축에 대해 비스듬히 입사한, 즉 파면이 기울어진 빛이 렌즈에 입사하게 되면 결상점의 위치는 δy 만큼 광축에서 벗어나 형성되고, 렌즈의 초점거리, f_{ML} 와 결상점이 광축에서 벗어난 거리, δy 를 알게 되면 입사한 파면이 기울기, θ 를 측정할 수 있게 된다. 각각의 미소렌즈로부터 국부적인 파면의 기울기를 구하고, 이를 통합하게 되면, 미소렌즈배열 전체 구경에 걸쳐 입사한 파면의 왜곡 형상을 측정할 수 있게 된다.

광파면 측정기 개발 과제 of 연구범위는 파면측정 알고리즘 구현, 광파면 측정기 하드웨어 구성, 그리고 측정결과를 가시화할 수 있는 소프트웨어 사용자 환경 구현이다.

3. 파면 복원

미소렌즈배열을 영상센서 앞에 위치시키고, 평면파를 입사시키면 미소렌즈의 중앙 기준 점영상이 결상 되지만, 기울기를 갖는 평면파가 입사하게 되면 미소렌즈의 광축에서 벗어나서 점영상이 결상된다. 기준 점영상과 측정 점영상 사이의 이동변위는 각 렌즈의 국부 파면 기울기에 비례하며, 국부 파면기울기 정보들로부터 전체 입사파면을 복원할 수 있다. 파면을 복원하는 과정은 크게 점영상의 변위로부터 기울기 정보를 계산하는 부분과 파면을 복원하는 부분으로 구분할 수 있다. 국부미소렌즈의 위치 계산은 무게중심법(center of mass)를 계산하는 방법을 통해 구할 수 있다. 파면의 복원방식은 지역(zonal)복원과 모드(modal)복원방식이 있다.



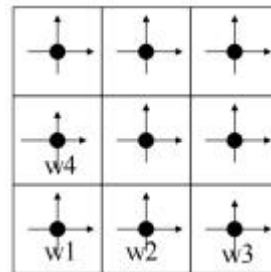
$$x_{centroid} = \frac{\int_1 Ids + \int_4 Ids - \int_2 Ids - \int_3 Ids}{\sum_i \int_i Ids}$$

$$y_{centroid} = \frac{\int_1 Ids + \int_2 Ids - \int_4 Ids - \int_3 Ids}{\sum_i \int_i Ids}$$

그림 3. 무게중심법을 이용한 점영상 위치계산 및 수식

가. Southwell 방법의 파면 복원

지역복원 방식에는 국부영역과 위상점 사이의 관계에 따라 Hudgin method, Fried method, Southwell method 등의 방식이 있으며, 광파면 측정기 개발에서는 파면 복원 오차가 적은 Southwell 방법을 사용하여 복원하였다.



$$\frac{s_1^x + s_2^x}{2} = w_2 - w_1$$

$$\frac{s_1^y + s_4^y}{2} = w_4 - w_1$$

그림 4 Southwell 위상점 모델과 계산 수식. s_i 는 위상점(w_i)의 기울기이다.

$$\begin{bmatrix} s_1^x \\ s_2^x \\ \vdots \\ s_M^x \\ s_1^y \\ s_2^y \\ \vdots \\ s_M^y \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & & & \\ & -1 & 1 & & \\ & & & \ddots & \\ -1 & & & & 1 \\ & -1 & & & \\ 1 & 1 & \ddots & \ddots & \ddots \\ & & & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_N \end{bmatrix}$$

$$S_{M \times 1} = A_{M \times N} \cdot W_{N \times 1}$$

그림 5. Southwell 파면복원을 위한 기울기($S_{M \times 1}$)와 위상($W_{N \times 1}$)간의 행렬 관계($A_{M \times N}$).

$$\begin{aligned}
 [A] &= [U][D][V^T] \\
 \text{where} \\
 [D] &= \begin{bmatrix} d_1 & & & \\ & d_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & d_n \end{bmatrix} \\
 [A^+] &= [V][D^{-1}][U^T]
 \end{aligned}
 \rightarrow
 \begin{aligned}
 \text{Psuedo-inverse:} \\
 [A^+] &= [V] \begin{bmatrix} \frac{1}{d_1} & & & \\ & \frac{1}{d_2} & & \\ & & \ddots & \\ & & & \frac{1}{d_N} \end{bmatrix} [U^T] \\
 [D^{-1}] &= \frac{1}{d_i} \quad \text{if } d_i > t \\
 &= 0 \quad \text{otherwise} \\
 &\text{where } t \text{ is a small threshold.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [\bar{W}] &= [A^+][S] \\
 &= [V][D^{-1}][U^T][S]
 \end{aligned}$$

그림 6. 위상행렬($A_{M \times N}$)을 구하기 위한 특이치 분해(Singular Value Decomposition, SVD).

그림 5는 기울기 벡터($S_{M \times 1}$)와 위상 벡터($W_{N \times 1}$) 사이의 관계($A_{M \times N}$)는 그림 5와 같으며, 행렬 $A_{M \times N}$ 의 역행렬을 구함으로써 입사파면정보를 구할 수 있게 된다. 행렬 $A_{M \times N}$ 는 비정방행렬이며 고유치가 0이 되는 모드를 제거하기 위해 특이치 분해(Singular Value Decomposition, SVD)를 사용하여 구하였다.

나. 모드(modal) 파면복원

모드 파면복원은 서로 독립인 다항식항들의 계수 맞춤방식을 이용하여 파면을 복원한다. 따라서 이산화된 파면 복원값이 아닌 모든 영역에서 연속적인 파면 복원값을 구할 수 있다. 파면 복원에 사용되는 기저함수로서 Zernike 다항식을 사용하였다. 일반적으로 Zernike 다항식은 단위 원에서 정의되며, 극 좌표계를 사용하여 표현할 수 있고 원주 방향 삼각함수와 반경 방향의 다항식의 곱으로 표현되지만, 격자 배열로 된 미소렌즈의 위치값을 적용하기 위해 $r \cos \theta = x$ 와 $r \sin \theta = y$ 를 이용하여 쉽게 직교좌표계를 변환할 수 있다. Zernike 다항식은 다음과 같이 정의되며, 그림7은 4차 항까지 전개된 Zernike 다항식을 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 Z_n^m(\rho, \theta) &= N_n^m R_n^{|m|}(\rho) \cos(m\theta) \quad \text{for } m \geq 0, 0 \leq \rho \leq 1, 0 \leq \theta \leq 2\pi \\
 &= -N_n^m R_n^{|m|}(\rho) \sin(m\theta) \quad \text{for } m < 0, 0 \leq \rho \leq 1, 0 \leq \theta \leq 2\pi
 \end{aligned}$$

여기서 각각의 기호는 다음과 같은 정의를 갖는다.

N_n^m is the normalization factor

$$N_n^m = \sqrt{\frac{2(n+1)}{1+\delta_{m0}}} \quad \delta_{m0} = 1 \text{ for } m=0, \quad \delta_{m0} = 0 \text{ for } m \neq 0$$

$R_n^{|m|}(\rho)$ is the radial polynomial

$$R_n^{|m|}(\rho) = \sum_{s=0}^{(n-|m|)/2} \frac{(-1)^s (n-s)!}{s! [0.5(n+|m|)-s]! [0.5(n-|m|)-s]!} \rho^{n-2s}$$

mode	order	frequency		
j	n	m	$Z_n^m(\rho, \theta)$	Meaning
0	0	0	1	Constant term, or Piston
1	1	-1	$2\rho \sin(\theta)$	Tilt in y - direction, Distortion
2	1	1	$2\rho \cos(\theta)$	Tilt in x - direction, Distortion
3	2	-2	$\sqrt{6}\rho^2 \sin(2\theta)$	Astigmatism with axis at $\pm 45^\circ$
4	2	0	$\sqrt{3}(2\rho^2 - 1)$	Field curvature, Defocus
5	2	2	$\sqrt{6}\rho^2 \cos(2\theta)$	Astigmatism with axis at 0° or 90°
6	3	-3	$\sqrt{8}\rho^3 \sin(3\theta)$	
7	3	-1	$\sqrt{8}(3\rho^3 - 2\rho)\sin(\theta)$	Coma along y - axis
8	3	1	$\sqrt{8}(3\rho^3 - 2\rho)\cos(\theta)$	Coma along x - axis
9	3	3	$\sqrt{8}\rho^3 \cos(3\theta)$	
10	4	-4	$\sqrt{10}\rho^4 \sin(4\theta)$	
11	4	-2	$\sqrt{10}(4\rho^4 - 3\rho^2)\sin(2\theta)$	Secondary Astigmatism
12	4	0	$\sqrt{5}(6\rho^4 - 6\rho^2 + 1)$	Spherical Aberration, Defocus
13	4	2	$\sqrt{10}(4\rho^4 - 3\rho^2)\cos(2\theta)$	Secondary Astigmatism
14	4	4	$\sqrt{10}\rho^4 \cos(4\theta)$	
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	

그림 7. 4차 항까지의 Zernike 다항식 전개.

모드 파면복원에서 행렬식의 구성은 각각의 기울기 벡터, S에 해당하는 위치에서 Zernike 다항식의 x축과 y축 방향의 편미분을 구한 후, 편미분에 모드의 계수를 곱함으로써 이루어진다.

$$\frac{\partial W(x,y)}{\partial x} = \sum_{i=1}^N C_i \frac{\partial Z_i(x,y)}{\partial x}$$

$$\frac{\partial W(x,y)}{\partial y} = \sum_{i=1}^N C_i \frac{\partial Z_i(x,y)}{\partial y}$$

Zernike 다항식의 계수 행렬 $[C]$ 를 계산하기 위해 편미분 다항식 행렬 $[Z]$ 의 역행렬을 구해야 한다. $[Z]$ 는 정방행렬이 아니므로 지역(Zonal) 파면복원에서 역행렬을 구하기 위해 사용했던 특이치 분해(SVD)방법을 적용하여 구할 수 있다. 역행렬을 구하기 위해 양변에 $[Z^T]$ 를

곱해주어야 하며, SVD를 통해 다음과 같이 계수 행렬 $[C]$ 를 구할 수 있게 된다.

$$[S] = [Z][C]$$

$$[C] = [V][S']^{-1}[U^T][Z^T][S]$$

Zernike 다항식의 계수값을 구한 후, Zernike 다항식에 계수값을 곱함으로써 측정파면의 위상 $W(x,y)$ 을 구할 수 있다.

4. 광파면 측정기 하드웨어 구현

광파면 측정기의 구성은 파면센서와 다양한 활용이 가능하도록 빔분할기를 중심으로한 구조물로 구성되어 있다. 빔분할기를 통해 측정광원 및 광학 약세서리가 연결 배치된다. 또한 활용 대상에 따라 적합한 영상센서가 사용할 수 있도록 파면 영상센서의 교체가 가능한 구조로 제작되었다. 그림 8은 광파면 측정기의 3차원 설계 도면을 나타낸다. 그림 8은 미소렌즈 및 미소렌즈 마운트를 나타낸다.

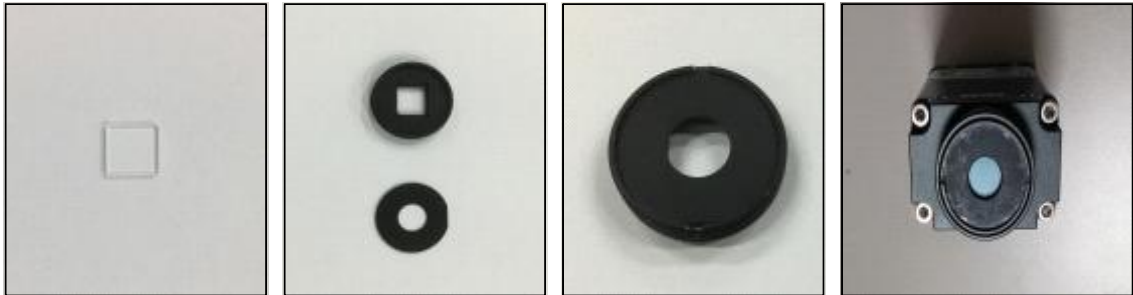


그림 8. 미소렌즈배열 및 미소렌즈배열 모듈이 장착된 파면센서.

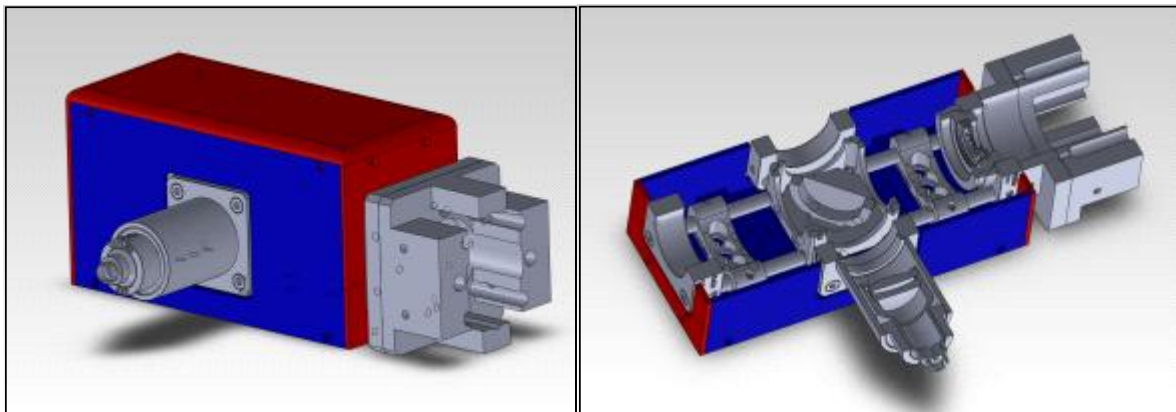
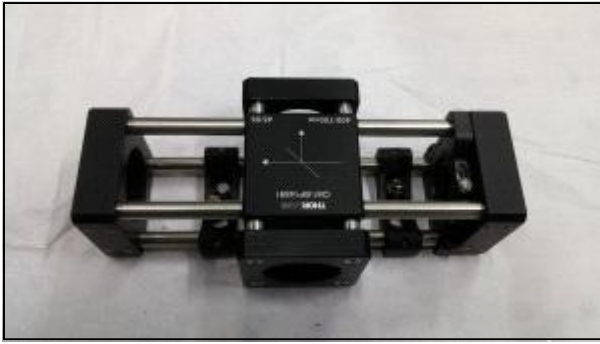
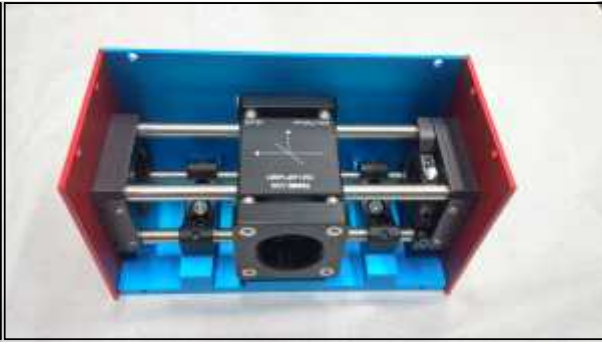


그림 9. 광파면 측정기의 3차원 설계 도면.



(a) 광파면 측정기 빔분할기 구조



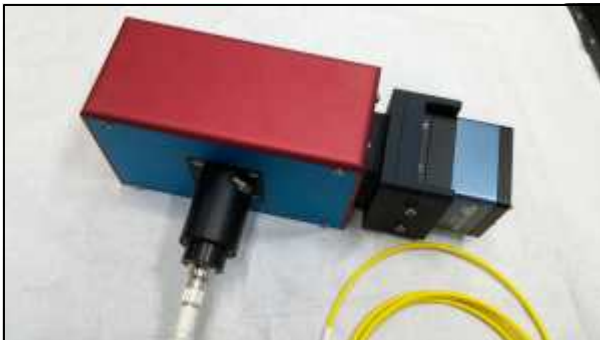
(b) 광파면 측정기 하우징 조립체



(c) 파면센서 장착구조



(d) 파면센서가 장착된 광파면 측정기



(e) 측정광원이 장착된 모습



(f) 측정기 교정을 위한 측정광원 활용

그림 10. 광파면 측정기 기계 구조물 및 파면센서 장착 모습.



그림 11. 빔분할기와의 체결을 위한 어댑터에 설치된 파면센서.

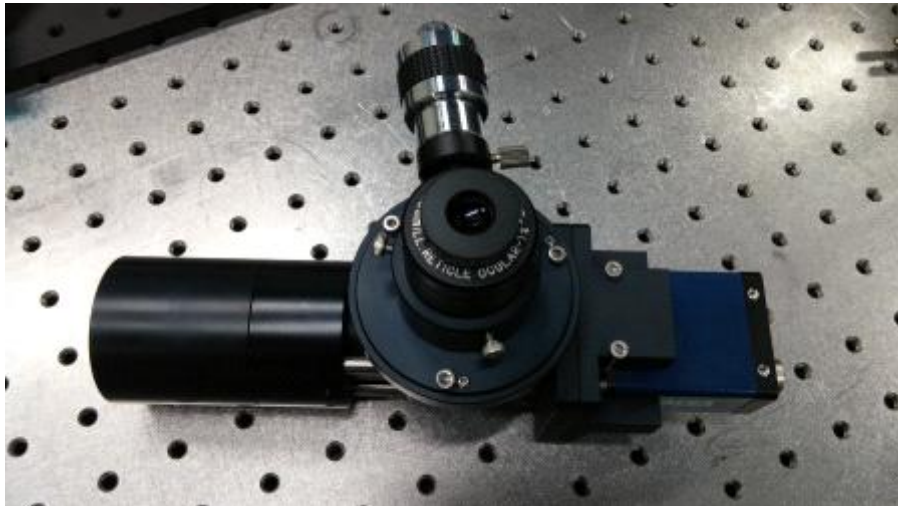


그림 12. 중·대형 광학계의 조립/정렬용으로 개발된 광파면 측정기

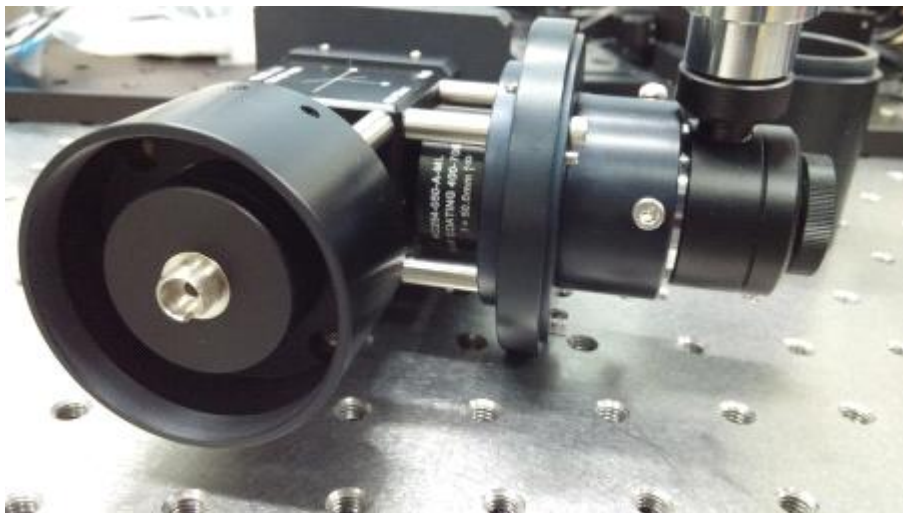


그림 13. 광파면 측정기 교정용 광섬유 포트가 장착된 모습

개발된 광파면 측정기는 또한 일반적인 파면측정기와는 다르게 현장용으로 구조변환이 가능하며, 이를 이용함으로써 중·대형 광학계의 조립/정렬용으로 활용이 가능하다. 그림 12. 중·대형 광학계의 조립/정렬용으로 개발된 광파면 측정기이다. 현장 조립/정렬용 광파면 측정기에는 측정 광학계의 $F/\#$ (구경대 초점비)에 대응하는 시준 렌즈, 빔분할기, 측정 광원 도입용 레티클 집안렌즈 그리고 광파면 감지 모듈로 구성된다. 그림 13과 같이 시준렌즈 앞에 광섬유를 부착할 수 있는 광섬유 포트를 장착하게 되면 시준렌즈의 수차 제거를 포함하여 광파면 감지 모듈의 기준 점영상 획득이 가능하게 됨으로써 시준렌즈의 수차 및 구조물 장착에 따른 파면 오차들을 제거할 수 있게 된다.

5. 광파면 측정기 파면 복원 시험 및 사용자 환경 구현

광파면 측정기의 전체 구성을 수행하기 전에 파면센서 자체의 파면 복원 특성을 검증하였다. 그림 14는 시준조건에서 파면센서에서 얻어지는 미소렌즈배열의 결상영상을 나타낸다. 파면센

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는
연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

서는 시준된 광원을 이용하여 변위 계산을 위한 기준점들을 획득한다. 그림 15는 파면센서를 시험하기 위한 구성으로 광섬유 광원과 렌즈를 이용하여 평면과 및 빔의 발산과 수렴이 가능하도록 하였으며, 그림 16은 입사파면의 형태에 따른 파면센서가 복원한 파면들을 나타내고 있다. 빔분할기가 포함된 광파면 측정기의 전체 파면 복원 성능은 그림 17과 같은 시험구성을 통해 수행되었다.

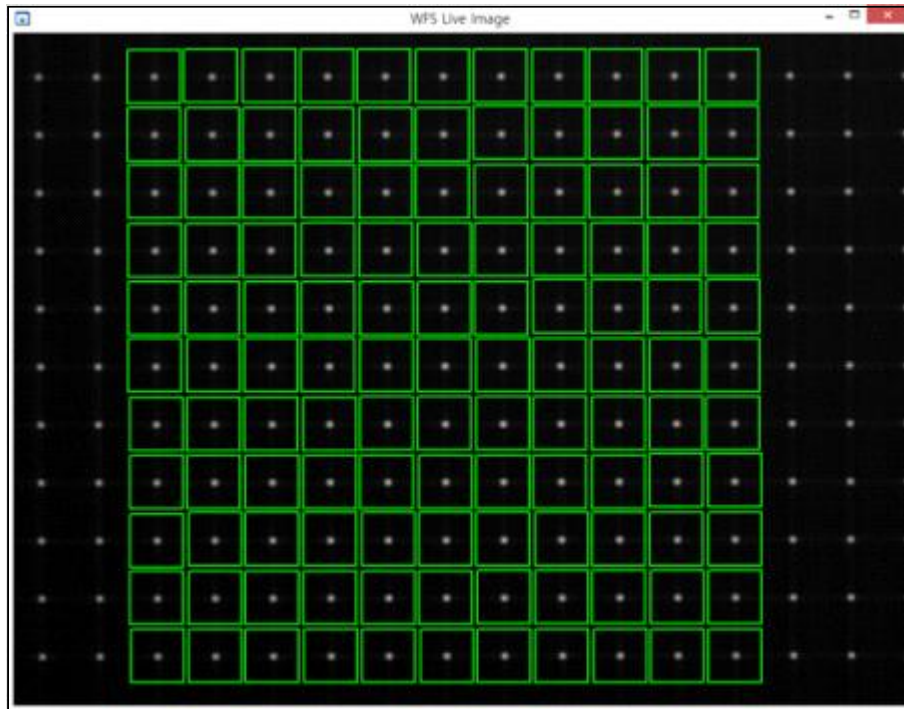


그림 14. 파면센서 얻어지는 미소렌즈의 결상영상(시준빔-평면과 사용).

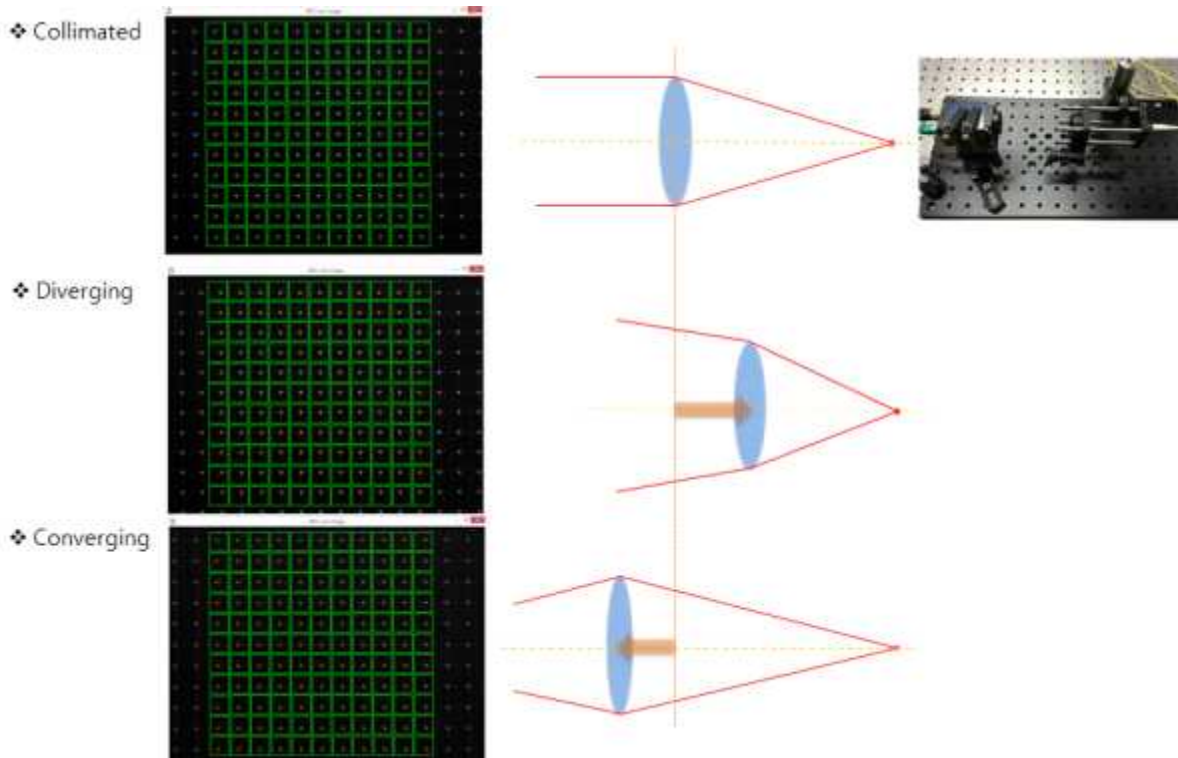


그림 15. 파면의 발산 및 수렴에 따른 점영상의 이동.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

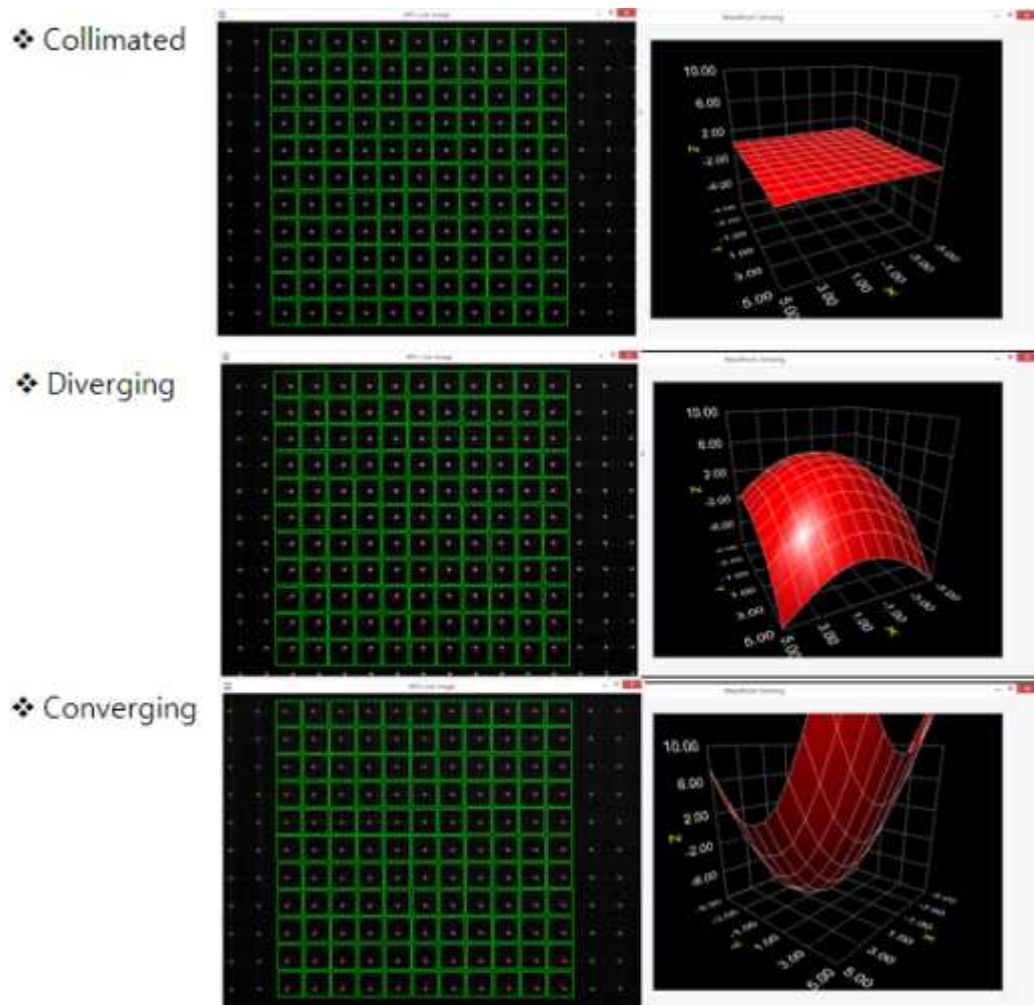


그림 16. 점영상들의 변위로부터 계산된 파면복원 영상.

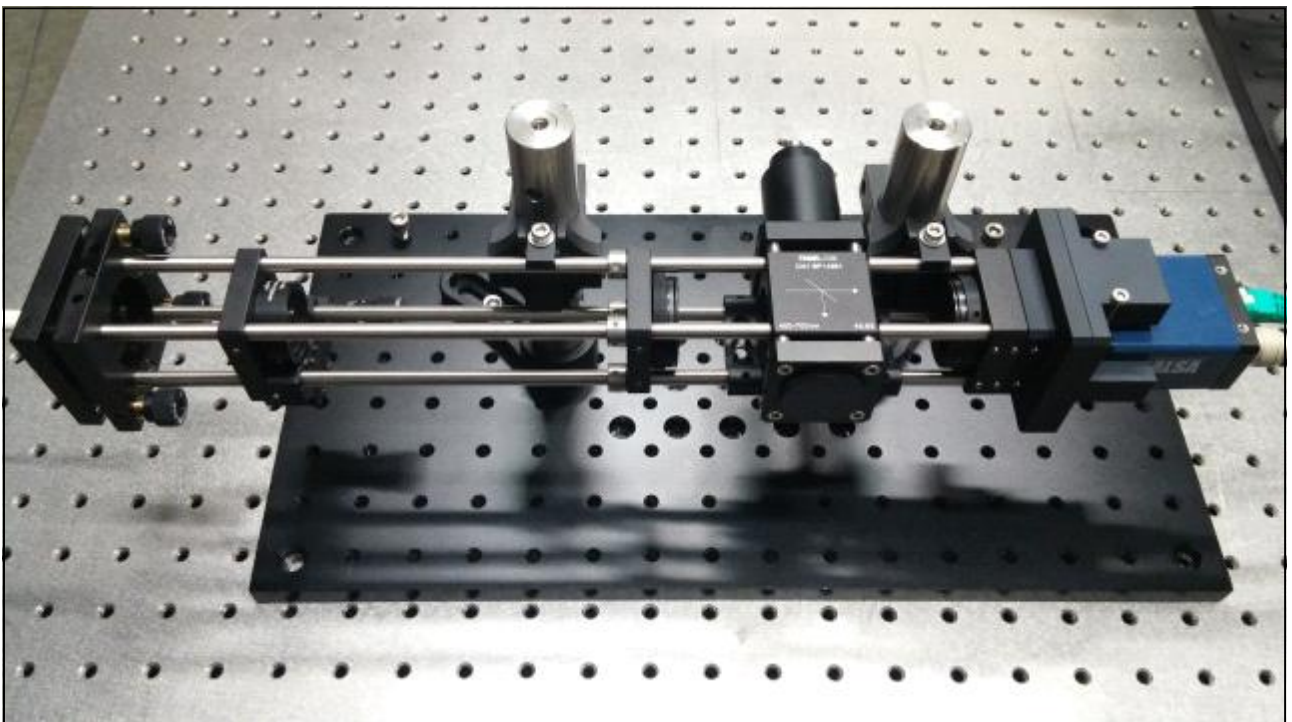


그림 17. 광파면 측정기의 파면측정 실험구성(마운팅을 위해 하우징이 제거된 상태). 왼쪽에는 광섬유를 이용한 점광원이 위치하고 볼록렌즈의 위치에 따라 빔의 발산, 시준, 수렴이 이루어진다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

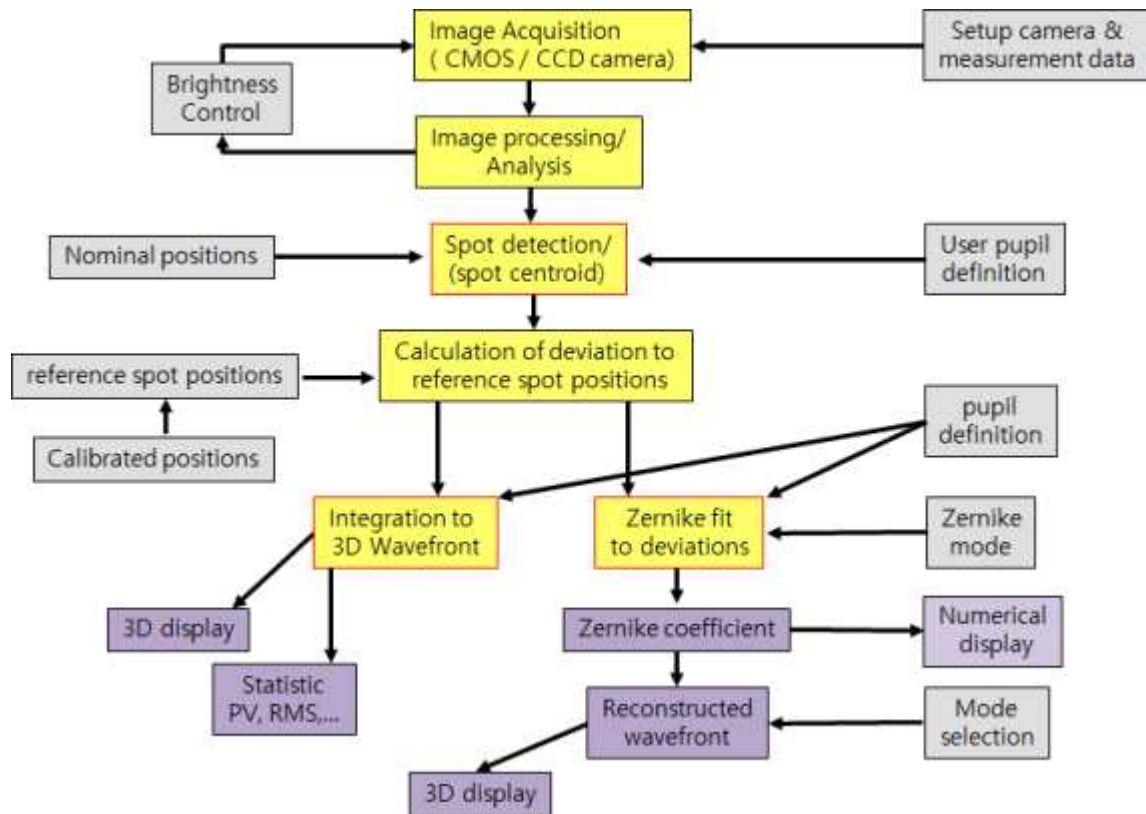


그림 18. 광파면 측정기 구동 소프트웨어 흐름도

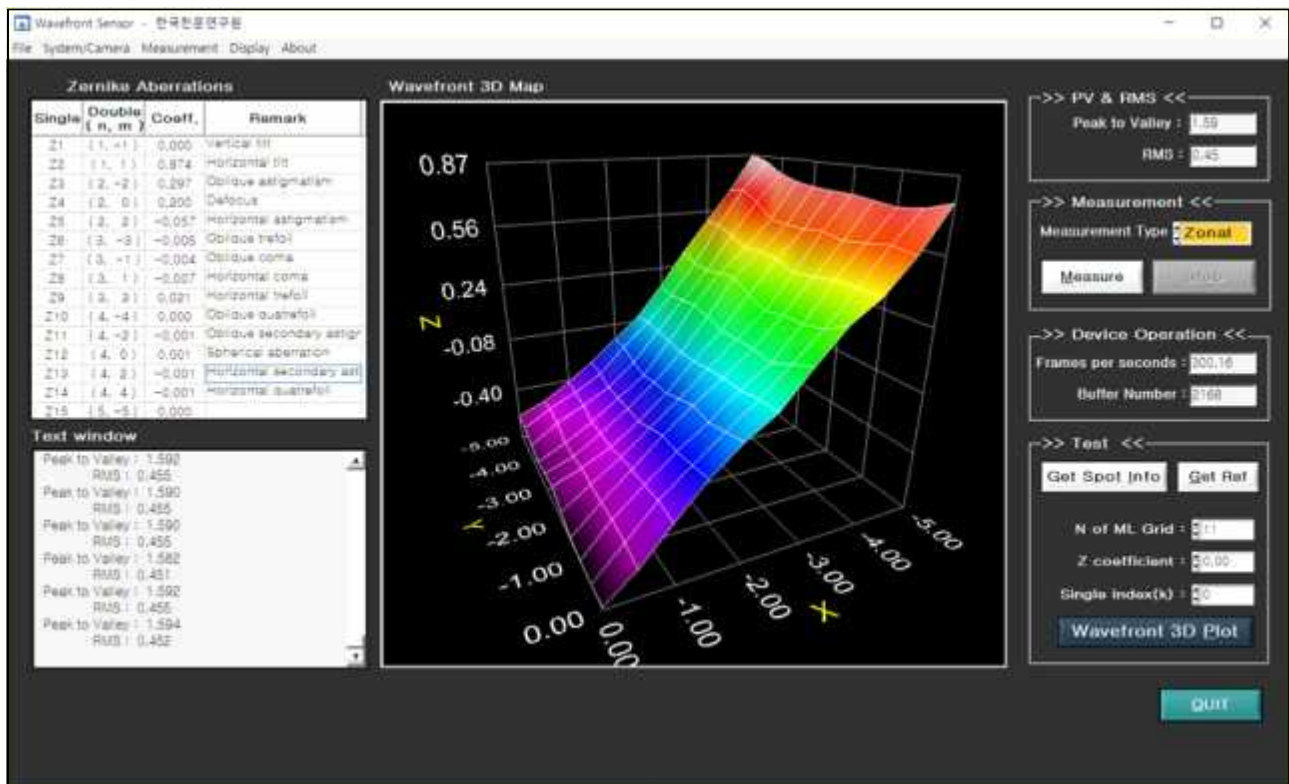


그림 19. 광파면 측정기 소프트웨어의 주화면

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

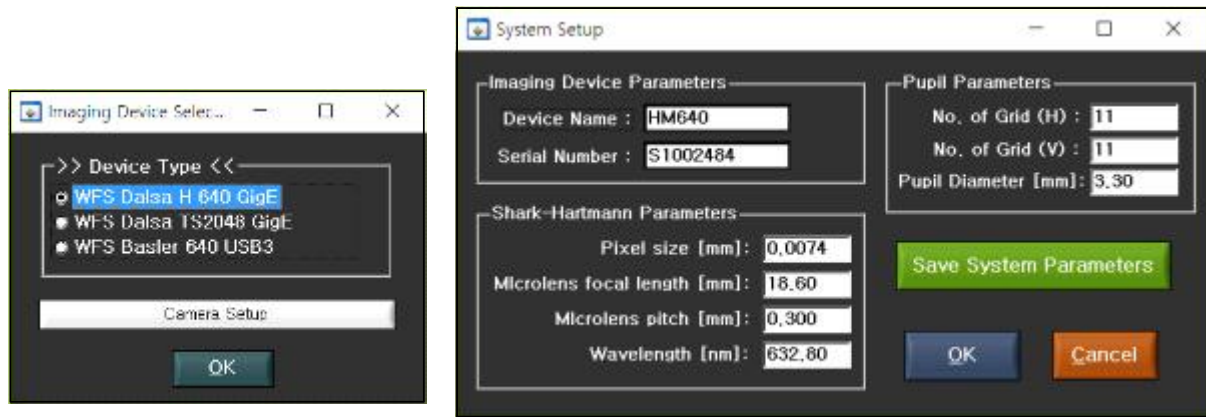


그림 20. 파면측정용 영상센서 선택과 설정값 조정을 위한 패널.

그림 18은 광파면 측정기 운영 소프트웨어의 기능 흐름도를 나타내고 있다. 광파면 측정기 소프트웨어에는 내셔널 인스트루먼트(NI)사의 C 기반 개발환경인 Labwindows/CVI를 이용하여 개발하였으며, 파면복원을 위한 점영상 획득과 기울기 계산 그리고 복원 알고리즘 외에 영상센서 선택, 기준점 교정, 3차원 영상 가시화, 복원파면의 성능(PV: Peak to Valley 와 RMS) 출력 등의 사용자 기능을 포함하고 있다.

그림 19는 광파면 측정기 소프트웨어의 주화면이다. 주화면에는 지역복원/모드 복원의 선택과 측정결과의 3차원 가시화 및 측정결과(PV-Peak to valley, RMS, Zernike 다항식의 계수)들이 출력된다. 소프트웨어는 Pull-down menu 구성을 갖고 있으며, 그림 20에서와 같이 파면 영상센서 선택과 설정값 조정을 수행할 수 있도록 되어있다.

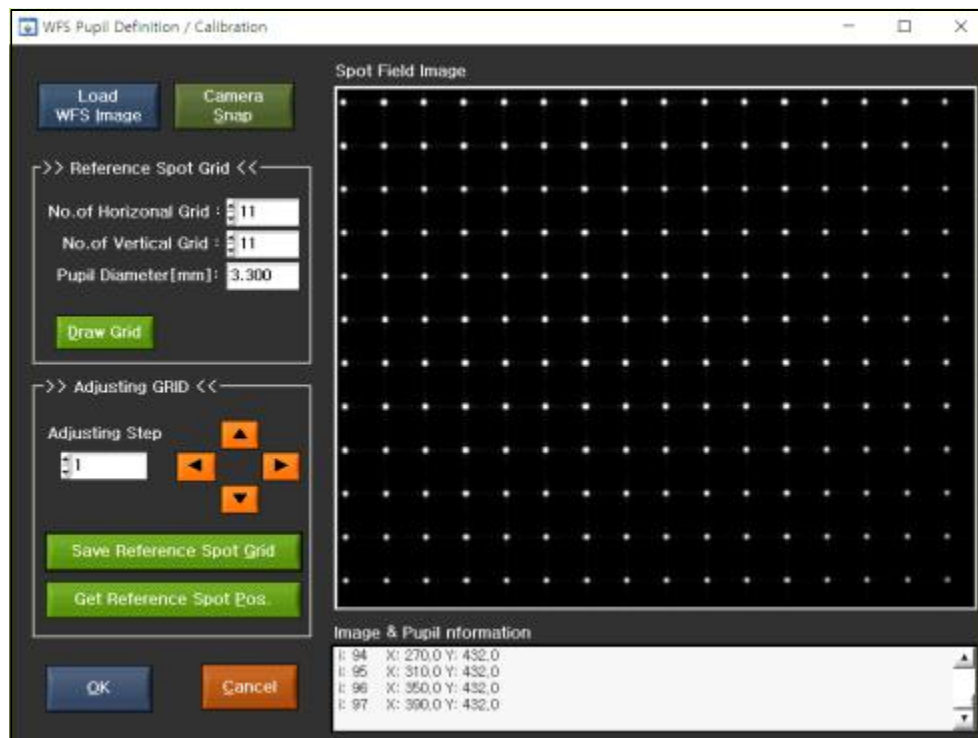


그림 21. 국부 기울기 계산을 위한 기준 점영상 설정 패널.

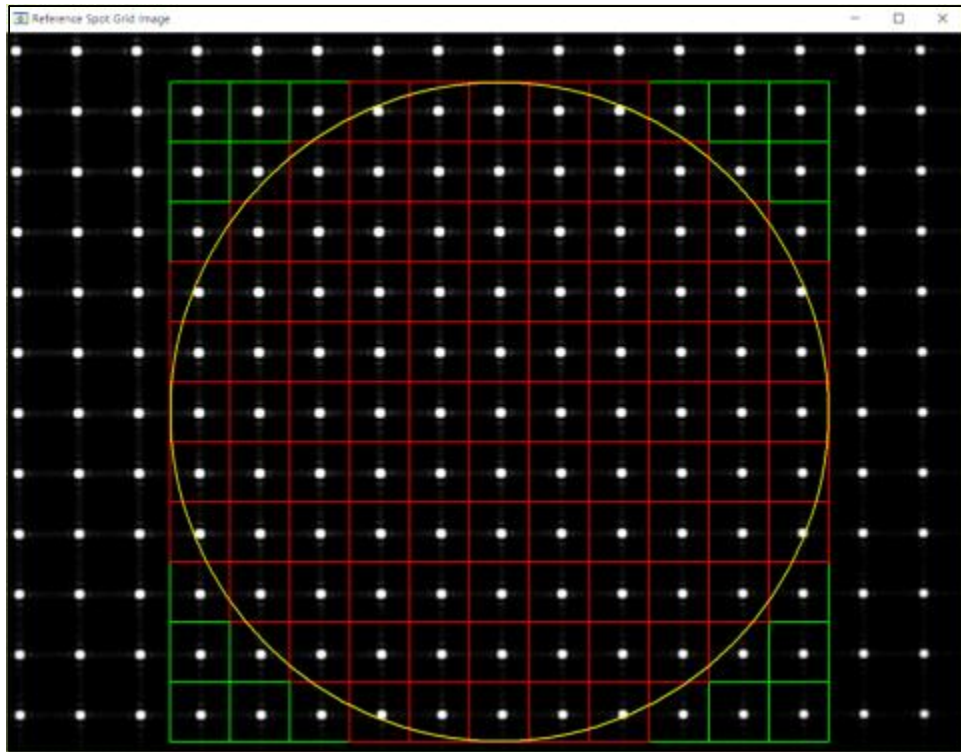


그림 22. 기준 점영상 설정을 위한 격자 패턴.

그림 21과 그림 22는 국부 파면 기울기 계산에 필요한 기준 점영상의 위치 설정 판넬을 나타내고 그림 22에서 기준점 계산을 위한 구역 설정 격자패턴으로 판넬의 Draw 버튼 선택을 통해 가시화한 된다. 설정된 각 기준 점영상의 위치는 파일로 저장되며, 소프트웨어 시작시, 자동으로 로딩된다.

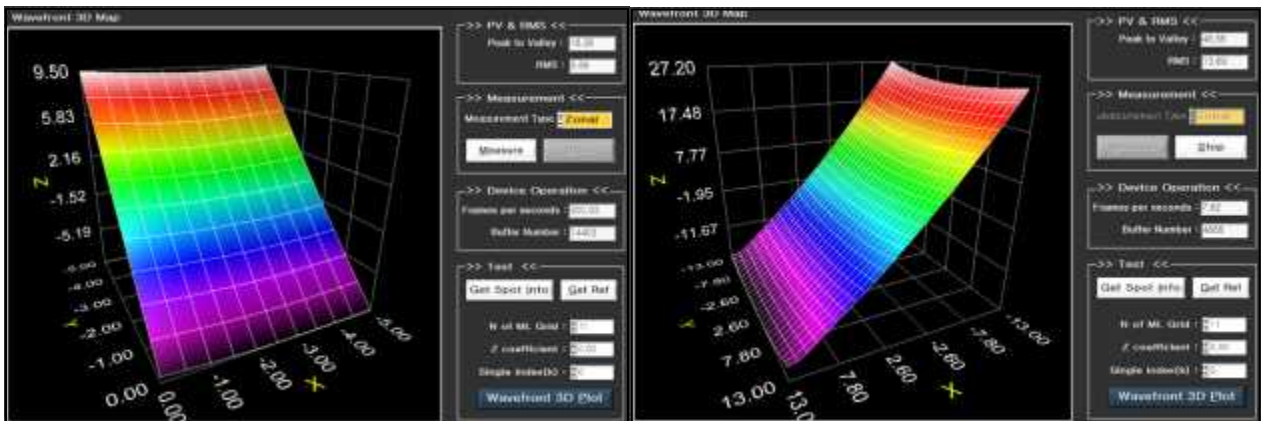


그림 23. 11×11 파면측정기와 26×26 파면측정기의 측정 범위

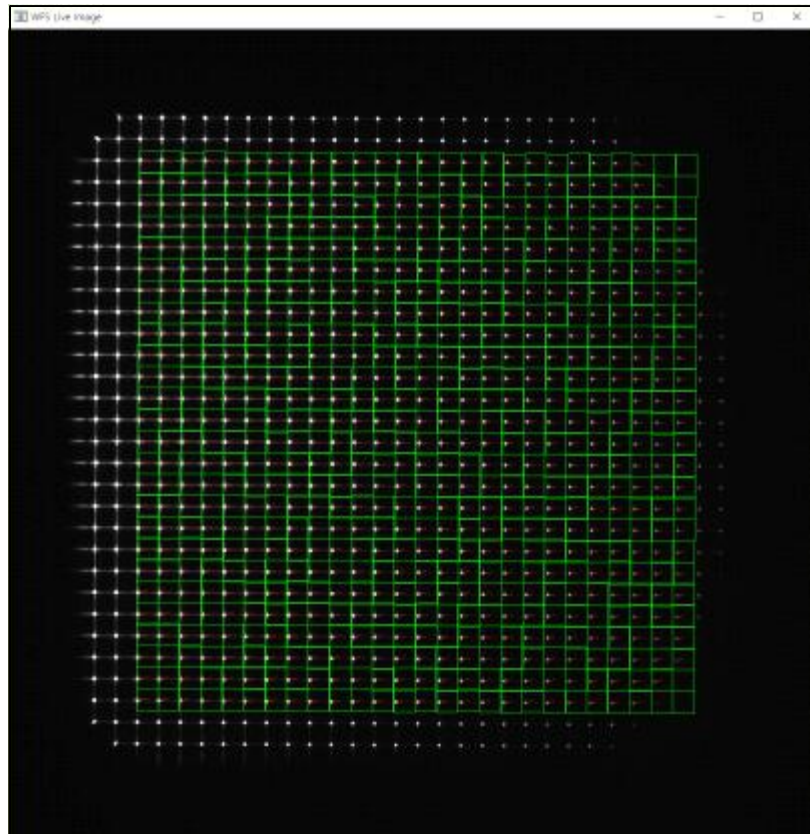
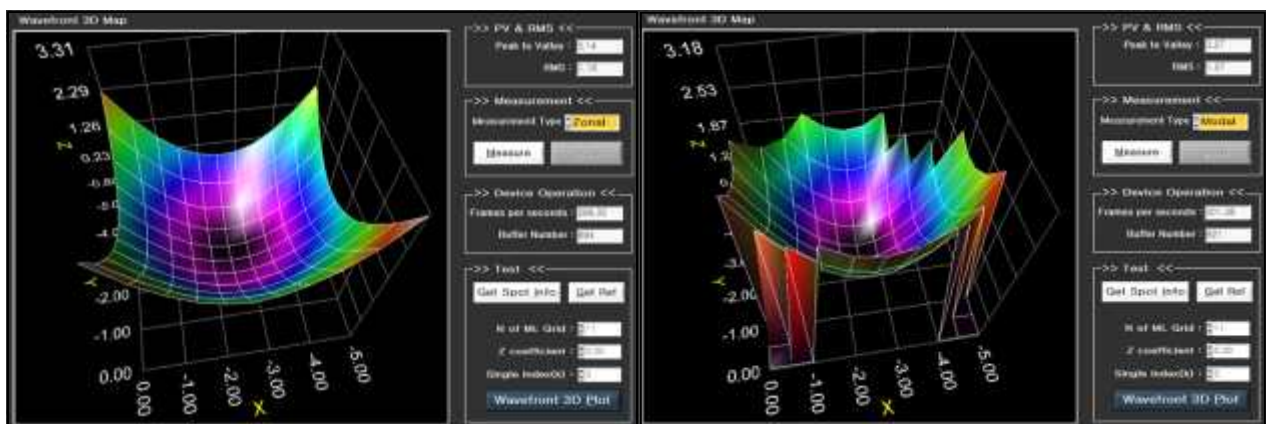


그림 24. 광량 분포 편향에 따른 26×26 파면측정기의 측정 범위 제한.



(a) 지역(zonal) 파면복원

(b) 모드(modal) 파면복원

그림 25. 지역 파면복원과 모드 파면복원에서의 측정값.

그림 23은 11×11 파면측정기와 26×26 파면측정기의 측정 범위를 나타낸다. 그림 23에서 측정 범위, PV를 포함한 측정결과들은 μm 단위로 표시이며, 11×11 파면측정기는 최대 $26.6 \mu\text{m}$ (42λ @ 632.8nm), 26×26 파면측정기는 최대 $62.4 \mu\text{m}$ (99λ @ 632.8nm)를 측정할 수 있다. 26×26 파면측정기는 28×28 까지 확장이 가능하나 내부 차폐 발생의 여지가 있어 26×26로 제한하여 파면 복원하였다. 만약, 그림 24에 보여지는 것처럼 광원의 광량분포가 고르지 못할 경우, 광량 분포가 적은 지역에서 점영상의 검출이 불가능할 수 있기 때문에, 즉 파면측정 범위가 제한을 받기 때문에 고른 광원분포가 요구된다. 측정시 광량분포에 대한 확인이 필요하며, 고른 광량 분포의 경우, 26×26 파면측정기가 갖는 최대 기울기 범위까지 파면측정이 이루어진다.

파면복원 방식에 따라서 PV와 RMS에서 작은 측정결과 차이가 발생할 수 있다(그림 25). 이것은 지역파면복원 방식의 경우, 미소렌즈배열 전체 사각영역에 대해 위상값을 구한 것이고,

모드파면복원의 경우, 사각영역에 안에 포함되는 원형영역에 대해 위상값을 구하였기 때문이다. 따라서 지역파면복원 방식이 더 넓은 측정영역에 위치한 위상값을 반영하게 된다. 이것은 모드파면복원과 지역파면복원의 측정영역을 동일하게 맞추므로써 일치시킬 수 있다.

현재 광파면 측정기의 주요 기능들은 구현이 완료된 상태이나, 현장 활용상황에 적합한 기능 및 활용 편의성 확보, 성능향상을 위한 추가적인 고려들이 필요할 것으로 판단된다. 수정과 보완은 기술 이전 및 현장 활용을 통해 계속적으로 수행될 예정이다.

6. 목표 달성도 및 관련 분야의 기여도

평가/성과지표	추진실적	달성도(%)
○ 연차성과목표 달성도 - 광파면 측정기 하드웨어 구성 - 파면복원 알고리즘 구현 - 측정결과 정량화 - 광파면 측정기 사용자 환경 구현 및 측정결과 가시화	- 광파면 측정기 하드웨어 구성 완료 : 자체 광원 및 교정기능 구성 - 파면 복원 알고리즘 구현 완료 : 지역(zonal)파면복원과 모드(modal)파면복원 알고리즘 구현 : 지역복원은 Southwell 알고리즘 적용 : 모드복원은 Zernike 다항식 fitting 수행(SVD 적용) - 측정결과 정량화 완료: PV(Peak to Valley), RMS, Zernike 계수로 측정 결과 정량화 - 광파면 측정기 사용자 환경 구현 완료 : OpenGL 활용 파면복원 결과, 3차원 가시화	100%
○ 연구성과의 질적우수성 - 자체 측정 광원 내장 - 파면센서 교체 가능형 구조 - 파면측정 범위	- 광파면 측정기 활용시, 범용성을 부여할 수 있도록 자체 측정광원 내장, 자체 광원은 광파면 측정기 교정광원으로서도 활용됨. - 활용 목적에 따라 11×11 또는 26×26 파면센서가 장착될 수 있는 하우스 구조 설계 및 제작 - 100 waves의 높은 광파면 측정범위 달성 : 26×26 파면센서 장착의 경우임.	100%
○ 연구수행의 파급 및 기대효과 - 연구성과 활용도/기술이전	- 광파면 측정기 기술은 광학요소 및 광학계 생산업체인 (주)그린광학에 기술이전하여 그린광학의 제품 생산활동에 활용할 계획임. 특히 광파면 측정기는 그린광학이 개발 진행 중인 구경 50cm의 광시야 광학계의 현장 조립, 정렬 장치로서 활용될 예정이다. - 광파면 측정기 활용과 관련된 특히 “변형거울을 이용한 광파면 측정 방법 및 장치” 는 이탈정도가 큰 비구면 광학요소의 성능측정에 활용될 핵심원천 기술이며 비구면 광학요소를 생산하는 그린광학의 제품생산경쟁력을 강화할 것임.	100%
○ 과제별 특성지표 - 중소기업과의 동반성장을 위한 지원체계 강화	- 본 사업은 중소기업지원센터에서 진행하는 기업수요형 R&D 사업으로 기업이 필요로 하는 기술 개발을 원활히 수행하고 있으며, 개발된 기술성과는 해당 기업에 기술이전됨.	100%

7. 연구결과의 활용계획

- 개발된 광파면 측정기 기술은 광학요소 및 광학계 생산업체인 (주)그린광학에 기술 이전될 예정이며, 그린광학은 광파면 측정기를 이용하여 **제품생산에 활용할 계획**이다. 특히 광파면 측정기는 그린광학이 개발 진행 중인 구경 50cm 광시야 광학계의 **현장 조립, 정렬에 활용될 예정**이다.
- 광파면 측정기와 변형거울을 활용한 **특히“변형거울을 이용한 광학면 측정 방법 및 장치”**는 생산현장에서 이탈정도가 큰 비구면 광학요소를 개발하는 원천기술로서 기업의 제품생산에 적용될 예정이다.
- 광파면 측정기의 파면복원 기술은 파면보정기술인 적응광학의 핵심기술로서, 천체망원경용 적응광학계 개발뿐만 아니라 의료(안광학), 바이오, 광통신, 국방분야 등에서 활용되는 광학계들의 **왜곡파면(수차) 보정시스템 구현에 적용될 수 있음**.

8. 연구성과 목표 및 달성도

(단위 : 편, 건, 명, 천원)

구분		1차년도		0차년도		0차년도		0차년도		0차년도		0차년도	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
특허출원	국내	1	1										
	국외												
	계	1	1										

가. 특허 성과

가. 출원특허

출원연도	특허명	발명자명	출원인	출원국	출원번호	활용형태
2016	변형거울을 이용한 광학면 측정 방법 및 장치	나자경 외 1명	한국천문연구원	한국	10-2016-0130113	기술이전

관 인 생 력	
출 원 번 호 통 지 서	
출 원 일 자	2016.10.07
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무) 창조번호(P160822)
출 원 번 호	10-2016-0130113 (접수번호 1-1-2016-0974989-07)
출 원 인 명 칭	한국 천문 연구원(3-1999-037085-1)
대 리 인 성 명	김정수(9-2008-000523-0)
발 명 자 성 명	나자경 남옥현
발 명 의 명 칭	변형거울을 이용한 광학면 측정 방법 및 장치
<p style="text-align: center;">특 허 청 장</p> <p style="text-align: center;"><< 안내 >></p>	
<p>1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.</p> <p>2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다. ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호</p> <p>3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다. ※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식</p> <p>4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.</p> <p>5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다. ※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드 ※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내 ※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자특허교환허가서(PTO-SB-39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.</p> <p>6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관료법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.</p>	

나. 성과의 질적 우수성

- 광파면 측정기 활용시, 범용성을 부여할 수 있도록 자체 측정광원을 내장하였으며, 자체 광원은 광파면 측정기 교정 광원으로서도 활용됨.
- 활용 목적에 따라 11×11 또는 26×26 파면센서가 장착될 수 있는 하우징 구조를 설계, 제작함으로써, 빠른 업데이트가 요구되는 실시간 정렬 활용과 이탈정도가 큰 파면 측정 모두에 대응할 수 있도록 함.
- 기존 간섭계 대비 상대적으로 높은 광파면 측정 범위 달성: 100 waves 까지의 광파면 측정 달성

세부과제 5. 개방형 하드웨어 기반의 검안기 영상처리 시스템개발

제 1 절 개방형 하드웨어 기반의 검안기 플랫폼 선정

아두이노(Arduino)와 같은 마이크로 컨트롤러를 제외하고 마이크로 프로세서 기반의 개방형 하드웨어인 라즈베리 파이(Raspberry PI), 비글본 블랙(BeagleBone Black), 인텔 에디슨(Intel Edison) 세 개의 모델 중 CPU 성능과 인터페이스 확장성을 고려하여 라즈베리 파이(Raspberry PI 3 B) 모델을 선정하였다. (일부 기능에 대한 소프트웨어 호환성 테스트를 수행하여 기술적 검토를 하였으며 기술 수요 업체와 협의하여 선정하였음)

표 1. 개방형 하드웨어 비교

모 델	Raspberry PI 3 Model B	BeagleBone Black	Intel Edison
CPU	1.2 GHz ARMv8 Cortex-A53 64-bit	1 GHz AM335x ARM Cortex-A8 32-bit	Intel Atom
코어	4	1	2
클럭 스피드	1.2 GHz	1 GHz	500 MHz
메모리	1 GB	512 MB DDR3	1 GB LPDDR3
내장 플래시	None	2 GB	4 GB
GPU	VideoCore IV 3D Graphics Core	PowerVR SGXS530 3D Graphics Accelerator	None
스토리지	micro SD card	micro SD card	SD, SDHC
USB 포트	4	2	0 (보드 추가 가능)
GPIO	40 GPIO pins	2 x 46 pins	70-pin Hirose .4mm
카메라 인터페이스	CSI (Camera Interface)	No	No
비디오 포트	Full HDMI and DSI (Display Interface)	mini HDMI	No
WiFi	802.11b/g/n	No	802.11a/b/g/n
블루투스	Bluetooth 4.1	No	Bluetooth 4.1
네트워크	10/100 Ethernet	10/100 Ethernet	No
보드			

제 2 절 표준 인터페이스 보드 개발

1. 검안기 인터페이스 보드 개발

개방형 하드웨어의 가장 큰 장점의 하나는 각기 다른 검출(sensing), 처리(processing), 제어(control) 기기들을 표준 인터페이스를 통하여 연동이 용이하다는 것이다(그림 1). 카메라, LED 조명, 모션컨트롤러, 감열프린터 등 검안기 부품의 인터페이스를 범용 인터페이스로 표준화하기 위해 인터페이스 보드를 개발하였다.

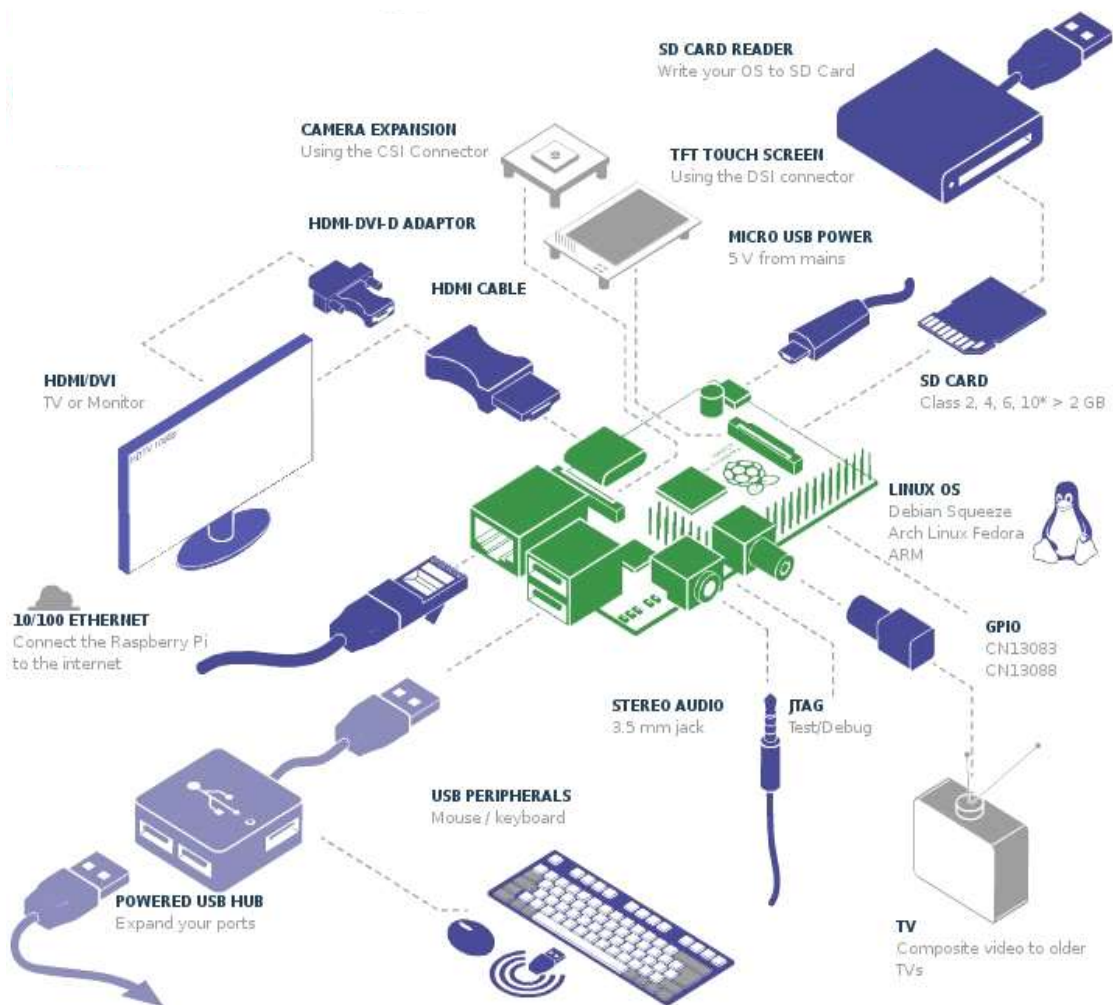


그림 1. 개방형 하드웨어의 표준 인터페이스

많은 개방형 하드웨어 시스템들이 표준 인터페이스 모듈을 지원하고 있지만 검출, 처리, 제어를 위한 장치들이 표준화가 되어 있지 않은 경우가 있다. 또한 광학/카메라/구동 모듈, 메인 모듈, 표출 장치 등의 배치 위치에 따라 케이블 연결 시 복잡도가 높아지는 문제가 발생할 수 있어 메인 모듈과 분리되어 있고 모든 구성 부품들의 연결이 통합되어 있는 표준 인터페이스

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

모듈을 개발하고자 한다. 통합형 표준 인터페이스 모듈에는 LCD 터치스크린, 카메라, 감열프린터, 모션컨트롤러(모터)를 연결할 수 있다. 이는 개발 이후 구성 부품의 단종 및 업그레이드시 메인 모듈과 소프트웨어 플랫폼의 변경 없이 교환이 가능하고, 신제품 개발 시에도 다른 모듈의 변경을 최소화할 수 있다. 그림 2과 그림 3은 검안기 표준 인터페이스 보드를 보여준다.

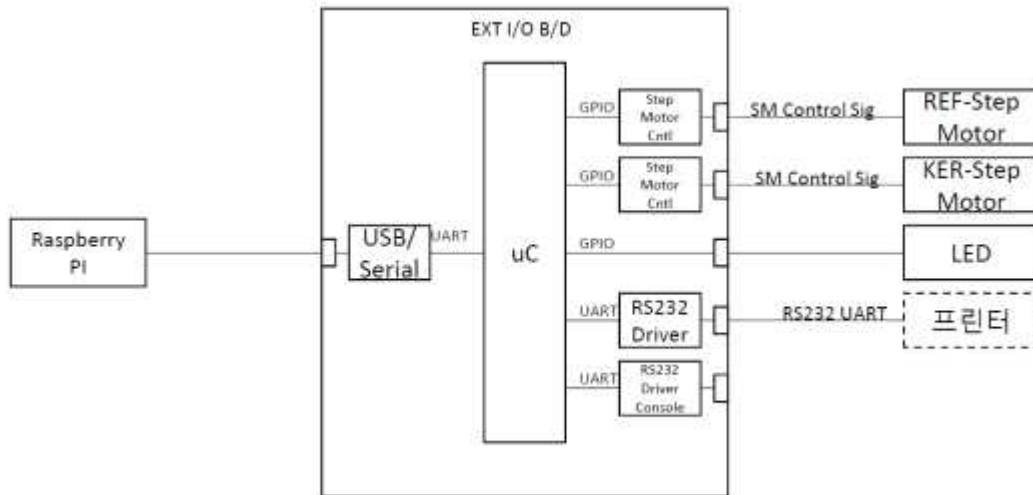


그림 2. 인터페이스 표준화를 위한 인터페이스 보드 (메인 모듈을 개방형 하드웨어로 구성하고 여러 구성 부품을 표준화된 인터페이스 모듈에 연결할 수 있도록 구성)

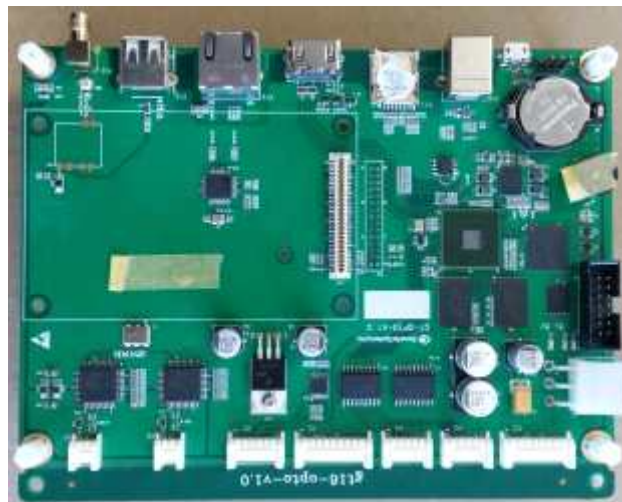


그림 3. 검안기 표준 인터페이스 보드

2. 카메라 인터페이스 보드 개발

광자 효율(Quantum Efficiency)이 높은 E2V CMOS(EV76C664, EV76C660)를 이용하여 저조도에서도 영상 획득이 가능한 카메라를 이용하여 카메라 보드를 위한 기술 개발을 수행하였다. 기본적으로 산업 표준에서 많이 사용되고 있는 USB 3.0을 이용한 영상 전송이 가능하도록 하고 FPGA를 이용한 영상 처리가 가능한 시스템을 고려하였다. 그림 4는 카메라 보드의 개념도이며, 그림 5는 카메라 보드의 펌웨어 개념도이다. 검안기에서도 적용이 가능한 USB 카메라

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는
연구보고서는 동의 없이 상업적 용도로 사용할 수 없습니다.

보드를 성공적으로 개발하였으며, 관련 기술을 적용하여 검안기에 활용이 가능한 저가형의
CCD 또는 CMOS 센서의 인터페이스 보드 제작 기술을 확보하였다. 그림 6은 개발된 USB
카메라의 외형과 내부 카메라 전자 보드를 보여준다.



그림 4. 카메라 보드의 개념도

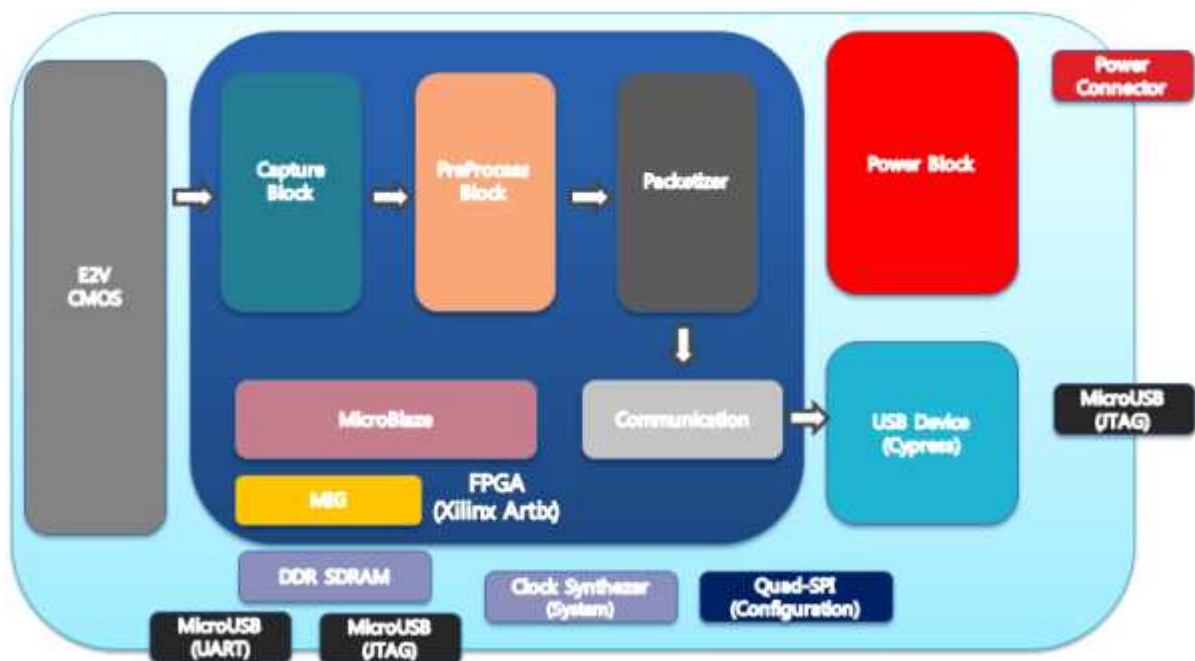


그림 5. 카메라 보드의 펌웨어 개념도



그림 6. USB 카메라 보드

제 3 절 검안기 소프트웨어 플랫폼 개발

GUI, 영상처리 엔진, 하드웨어 인터페이스 드라이버 등을 유기적으로 연결하기 위한 계층별 표준화 기술을 적용한 검안기 소프트웨어 플랫폼 라이브러리를 개발하였다.

개방형 하드웨어의 장점은 오픈소스 소프트웨어를 이용한 소프트웨어 개발 환경이다. 그러나 이러한 장점을 극대화하기 위해서는 하드웨어와 같이 낮은 계층과 최종 응용프로그램과 같은 상위 계층을 연결하기 위한 중간 계층의 소프트웨어 플랫폼이 필요하다. 이는 다양한 시스템 계층의 개발자들과 공동 개발을 가능하게 하고, 검안기만의 특징적인 기능을 표준화할 수 있으며, 무엇보다도 개방형 하드웨어와 오픈소스 소프트웨어에 기반한 플랫폼은 GUI, 하드웨어, 영상처리 엔진을 독립적으로 개발하고 통합할 수 있는 환경을 제공할 수 있다.

소프트웨어 수준에서 카메라 제어, 모션 제어, 영상 처리 등 다양한 머신 비전 기술을 통합한 형태의 표준화 기술로 머신비전 소프트웨어 프레임워크이다. 다양한 이미징 시스템에 응용이 가능하도록 개방형 표준(오픈소스 기반의 하드웨어와 소프트웨어)을 준수하고, 각 기능을 모듈화하고 인터페이스를 표준화하여 시스템 환경 변화에 유연성을 제공하는 특징을 갖는다. 이미징 프레임워크는 단순히 영상처리 기능만이 아닌 카메라, 모터(모션), 조명 제어 기술을 복합적으로 응용한 영상 촬영 기술로, 천문 영상(Astronomical Imaging), 의료 영상(medical imaging), 바이오 영상(bioimaging), 방사선 영상(radiography), 산업용 머신 비전(industrial machine vision) 분야에 응용할 수 있는 소프트웨어이다. 이미징 프레임워크는 윈도우와 리눅스 플랫폼을 모두 지원하며, C/C++ 언어로 개발되었다. 응용프로그램 개발자는 이미징 프레임워크를 이용하여 다양한 머신 비전 솔루션을 개발할 수 있다. 소프트웨어의 계층별 표준화를 통해 하드웨어, 드라이버, 프레임워크, 응용프로그램간의 인터페이스가 용이하도록 호환성을 제공한다. 하드웨어와의 호환성이 제공되지 않을 경우 드

라이버를 이용하여 소프트웨어 인터페이스만 맞추면 이미징 프레임워크와 연동이 가능하게 된다. 또한 기존에 이미 개발되어 있는 다양한 오픈소스 소프트웨어와도 연동하여 개발할 수 있는 확장성을 제공한다.

■ 용어 정의

- 플랫폼(platform) : 소프트웨어가 실행되는 환경으로 운영체제, 개발 언어, 개발 환경을 모두 포함하는 의미
- 이미징(imaging) : 단순히 영상처리 기술만이 아닌 카메라, 모터(모션), 조명 제어 기술을 복합적으로 응용한 영상 촬영 기술로, 천문 영상(Astronomical Imaging), 의료 영상(medical imaging), 바이오 영상(bioimaging), 방사선 영상(radiography) 기술에 적용되는 기술
- 프레임워크(framework) : 특정 시스템을 위한 표준 구조를 구현하는 클래스와 라이브러리 모임으로, 재사용할 수 있는 수많은 코드를 프레임워크로 통합함으로써 다양한 응용시스템이 개발될 수 있는 구조적인 소프트웨어 환경
- 머신 비전(machine vision) : 사람이 시각적으로 인지하고 판단하는 기능을 하드웨어와 소

소프트웨어의 시스템이 대신 처리하는 기술

- 오픈소스 소프트웨어(open source software) : 소스 코드를 공개해 누구나 특별한 제한없이 그 코드를 보고 사용할 수 있는 오픈 소스 라이선스를 만족하는 소프트웨어

1. 시스템 구성

머신비전 이미징 프레임워크는 그 기능에 따라 카메라 제어, 모션 제어, 조명 제어, 광학분석, 영상 처리, 이미징 라이브러리 총 6개로 구성되어 있다. 그림 7은 이미징 프레임워크의 구조를 보여주며 최종 응용프로그램 계층에서는 카메라, 모터, 조명과 같은 하드웨어 인터페이스의 표준화와 오픈소스 소프트웨어와 연동이 가능한 확장성을 보장받을 수 있다.



그림 7. 이미징프레임워크 구조

- 이미징 라이브러리 : 카메라, 모션, 조명을 제어하며 영상 촬영 기능을 수행하기 위한 기능 제공 (짧은 노출 영상을 조합하여 노이즈를 제거하고 명암대비를 높이기 위한 스페클 이미징, 카메라의 다양한 노출로 촬영한 여러 영상을 합성하여 명암대비를 높이기 위한 HDR 촬영, 반사된 조명 제거 기능 등)
- 카메라 제어 라이브러리 : 카메라 노이즈, 노출 제어를 포함한 캘리브레이션 기능 제공
- 모션제어 라이브러리 : 모터(모션)의 캘리브레이션과 PID 제어 등 정밀 제어를 위한 기능 제공
- 조명제어 라이브러리 : 이미징 시스템의 가시광이나 IR의 조명을 위한 캘리브레이션과 관련

함수 제공

- 광학분석 라이브러리 : 기본적인 광학계 분석 및 광파면 분석 기능 제공
- 비전 라이브러리 : 영상처리의 기본이 되는 노이즈 분석, 스무딩(smoothing), 샤프닝(sharpening), 에지 검출(edge detection) 특징 추출(feature detection) 등을 포함하여 통계 분석 함수 제공

2. 클래스 구성

이미징 라이브러리는 크게 6개 그룹으로 나뉘며 10개의 클래스로 구성되어 있다. 표 2는 이미징 프레임워크 클래스와 그 내용을 보여준다.

표 2. 이미징 프레임워크 클래스

라이브러리	클래스	내 용
Imaging	CImage	- 영상 데이터 클래스 - BMP, FITS, JPG 등 영상 파일 포맷 지원
	CSpeckle	- 스펙클 이미징(speckle imaging) 클래스
	CHdr	- HDR 이미징(High Dynamic Range imaging) 클래스
	CLicense	- 라이선스 관리를 위한 클래스
Camera	CCamera	- 카메라 제어를 위한 클래스 - USB 2.0, USB 3.0, CameraLink, GigE 표준 인터페이스 지원
Motion	CMotion	- 모션 컨트롤러를 위한 클래스 - n축 모션 제어 - 리미트 스위치(limit switch)를 이용한 캘리브레이션 - PID 컨트롤
Lighting	CLighting	- 조명 제어를 위한 클래스
Optics	COptics	- 광학 분석을 위한 클래스 - 상관추적(correlation tracker)을 위한 함수 제공 - 적응광학(adaptive optics)을 위한 함수 제공
Vision	CProcessor	- 영상처리 수준의 컴퓨터 비전 - 통계적 노이즈 특성 분석 - 히스토그램(histogram) 분석 - 블러링, 가우시안 스무딩, 샤프닝 등 - 특징 추출(feature detection) - FFT 분석
	CVision	- 3-D 표출(3-D visualization) - 라인 프로파일(line profile) - 스펙트럼 영상(spectrum image)

※ 빠른 속도의 계산을 필요로 하는 일부 기능은 데이터 병렬화 기술과 프로세서 병렬화 기술을 모두 적용하였으며, 다양한 최신의 오픈소스 소프트웨어들과 연동이 가능한 로우 레벨의 데이터 구조를 지원함.

3. 프로그램 등록

검안기 소프트웨어 플랫폼 개발 결과를 한국저작권위원회에 프로그램 등록하였다. 프로그램 명칭은 ‘이미징 프레임워크 V1.0’이며 등록번호는 C-2016-016050이다.


제 C-2016-016050 호		
프 로 그 램 등 록 증		
1. 프로그램의 제호 (명칭) 이미징 프레임워크 V1.0		
2. 저작자 성명 (법인명)	한국천문연구원 대전광역시 유성구 대덕대로	3. 생년월일 (법인등록번호) 160171-0001658
4. 창작연월일	2016년06월01일	
5. 공표연월일	2016년06월24일	
6. 등록사항	제작자 : 한국천문연구원, 창작 : 2016.06.01, 공표 : 2016.06.24	
7. 등록연월일	2016년06월29일	
「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.		
	2016년 09월 28일 한국저작권위원회	

그림 8. ‘이미징 프레임워크 V1.0’ 프로그램등록증

제 4 절 검안기 영상처리 엔진 개발

1. 검안기 광학계의 반사광 제거를 위한 영상처리

검안기 영상처리 엔진은 카메라 제어, 카메라 영상 전처리, 검안 측정, 동공자동 추적과 같이 검안기의 가장 핵심이 되는 기술이다. 무엇보다도 기존 검안기의 광학계 특성으로 인해 발생하는 잡광을 제거하여 눈의 광학적 측정을 보다 정밀하게 수행할 필요가 있다. 기본적으로 암 잡음 영상(dark current image), 바닥고르기영상(flat image), 영점 영상 (bias image) 등을 이용하여 전자 장치의 특성과 광학 장치의 특성으로 발생한 노이즈를 제거하여 개선된 영상을 얻을 수 있다. 또한, 적응광학기술의 파면 검출과정에 사용되는 전처리 기술을 적용하여 보다 개선된 영상을 이용한 검안 측정이 가능하게 할 것이다.

눈의 굴절률을 측정하기 위한 장비는 (육방) 프리즘 렌즈를 이용하여 여섯 개의 방향으로 분할되어 형성되는 스팟의 타원 정도에 따라 눈의 굴절률이 결정된다. 그런데 광원으로 사용한 LED 라이트의 상도 반사되어 측정이 되기 때문에 스팟의 중심점 계산에 방해 요소가 된다. 이 방법은 고정된 위치에 형성되는 광원을 제거하기 위한 방법이다. 이 방법을 적용할 경우 LED 반사광 외에 고정된 위치에 형성되는 잡광 제거 효과도 동시에 볼 수 있다.

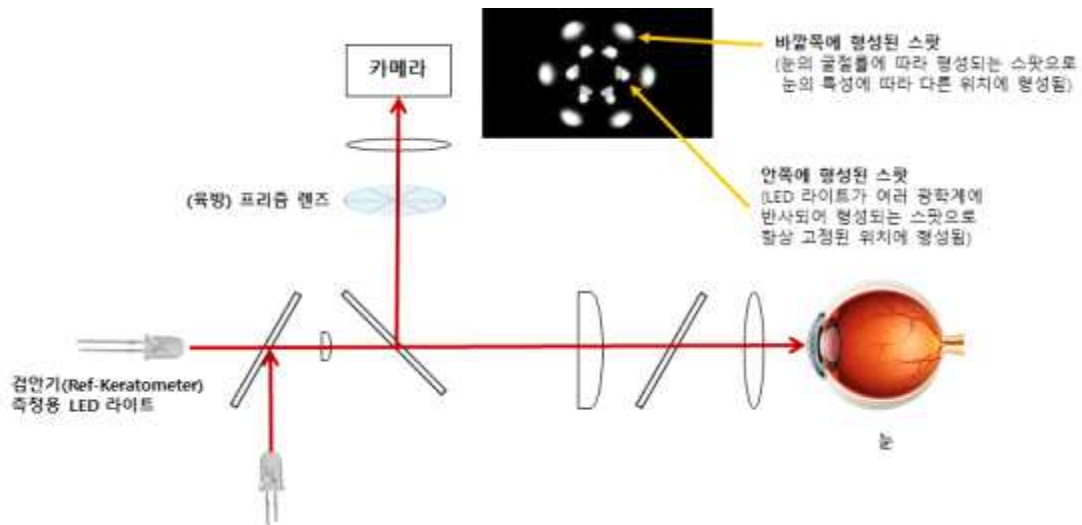


그림 9. 프리즘 렌즈에 의해 여섯 개 방향으로 분할되어 형성된 스팟 (검안기 광학 배열은 장비에 따라 다를 수 있으며, 형성되는 스팟의 배치도 중심 축, 방향, 크기가 다르게 형성됨)

자료 처리 순서는 다음과 같다.

1. 각기 다른 디옵터(diopter)를 갖는 모형안(model eye)을 이용하여 여러 개의 영상(I_r)을 얻어 누적된 영상(stacked images, I_s)을 얻는다.

$$I_s = \sum I_r$$

2. 합성된 데이터를 평균하여 평균 영상(averaged image, I_a)을 얻는다.

$$I_a = \frac{I_s}{N} = \frac{\sum I_r}{N}$$

3. 특정 한계점(threshold) 이하의 밝기를 갖는 픽셀의 데이터는 0으로 셋팅하여 배경 영상(background image)을 얻는다. IMAX는 IS의 픽셀 중예가 가장 밝은 값이며 필요시 적절한 비율로 조정할 수 있다.

$$I_b(x,y) = I_s(x,y) > \frac{I_{MAX}}{N} ? I_s(x,y) : 0$$

4. 라이브 영상(live image, II)에서 배경 영상을 제고하면 원치 않는 LED 라이트의 반사광으로부터 배경 이미지를 제거할 수 있다.

$$I_l = I_r - I_b$$

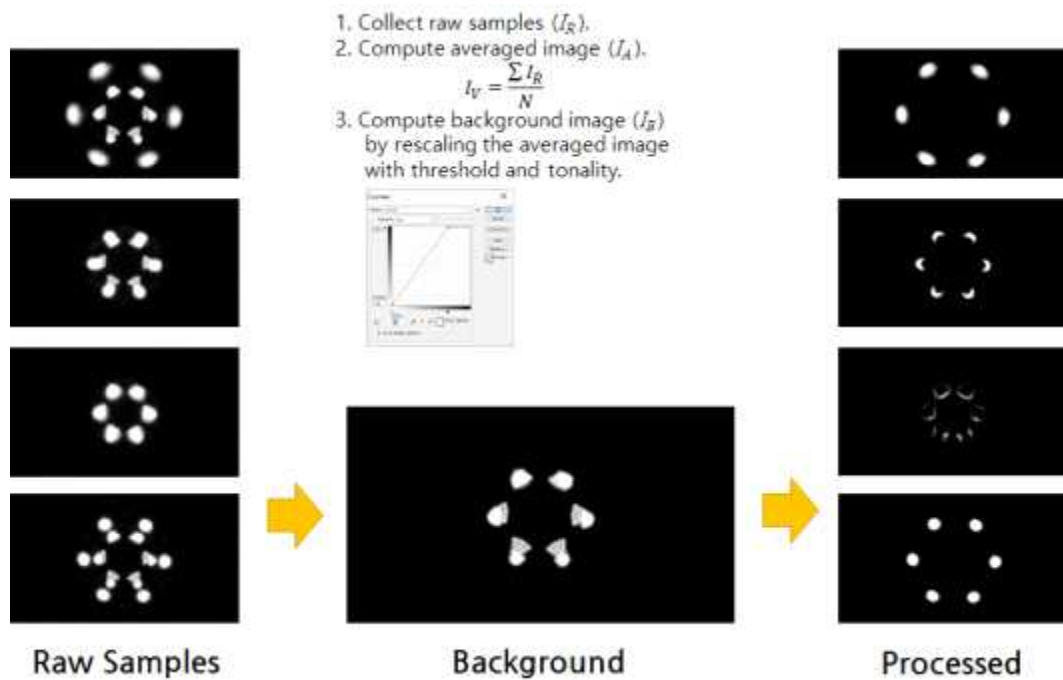


그림 10. 광학계의 반사광 제거를 위한 영상 처리 과정

2. 프리즘 렌즈에 의해 형성된 스팟 검출 방법

일반적으로 이미지 데이터에서 단일 개체를 검출(detection)하기 위해 이미지 전체를 스캔해야 한다. 그런데 검안 측정기의 영상은 프리즘 렌즈에 의해 여섯 개의 스팟이 형성되기 때문에 이미지의 중심에서 여섯 방향으로만 스캔하여 독립 개체를 검출하는 방법으로 불필요한 스캔 횟수를 줄일 수 있다. 또한 스캔 좌표도 테이블로 구성하여 좌표 계산을 위한 처리 속도도 개선할 수 있다.



그림 11. 스팟 검출을 위한 일반적인 스캔 방식(좌)과
프리즘 렌즈의 특성에 맞는 방향으로만 스캔하는 방식(우)

영상의 픽셀 해상도가 가로 픽셀 수 w , 세로 픽셀 수 h 인 경우 스캔 방식에 따른 픽셀 계산 수를 비교하면 다음과 같다.

- 일반적인 스캔 방식의 픽셀 계산 수 (전체 픽셀) : $w * h$
- 프리즘 렌즈 방향으로 스캔하는 방식의 픽셀 계산 수 (여섯 방향) : $w + 2 * h * \sin(60^\circ)$
- 예) $1024 * 768$ 픽셀 영상의 스캔 비교
 - 전체 픽셀 : $1024 * 768 = 786,432$
 - 여섯 방향의 픽셀 : $1024 + 2 * 768 * 0.8660 = 1024 * 1330 = 2,354$ 픽셀
 - 334배의 계산 속도 차이를 보임

스캔 방향을 한 번 탐색한 후에는 저장된 탐색 좌표를 사용할 수 있기 때문에 검안기 출시 후 또는 재조정이 필요한 경우에 캘리브레이션 수행으로 스캔방향을 자동으로 검출하기 위해 이미지의 중앙 수직선을 기준선으로 시작하여 60도 간격으로 여섯 개의 스팟을 찾는 시도를 하고 기준선의 각도를 특정 각도 간격으로 회전하면서 여섯 개의 스팟이 모두 찾아지는 기준선을 찾는다. 이 과정은 장비의 광학계 조건에 따라 다르기 때문에 캘리브레이션 시 한 번만 수행하여 보관하여 사용하게 된다.

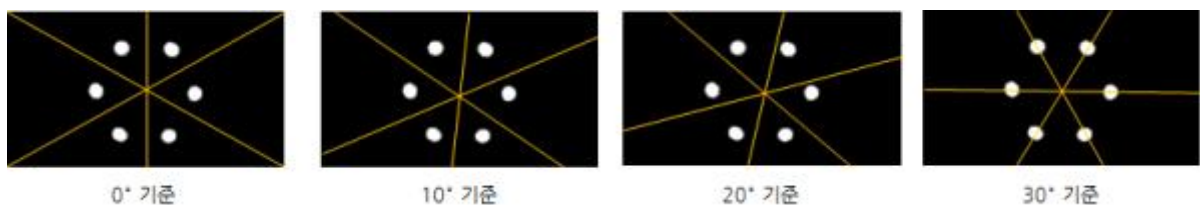


그림 12. 스캔방향을 자동으로 검출하기 위해 기준선을 특정 각도로 회전하며
여섯 개의 스팟이 모두 찾아지는 기준선을 찾는 과정

자료 처리 순서는 다음과 같다.

1. 수직 방향을 기준으로 시작하여 60도 간격으로 여섯 개의 스캔 방향으로 각각의 스팟을 검출한다.
2. 기준선을 특정 각도로 회전하여 60도 간격의 여섯 개 스캔 방향에서 각각 1개씩 총 여섯 개의 스팟이 검출될 때까지 1번 과정을 반복한다.
3. 이렇게 얻어진 기준 각도로부터 60도 간격의 스캔 방향의 좌표를 스캔 좌표 테이블(scan coordinate table)로 저장한다.

4. 라이브 영상(live image)에서 스캔 좌표 테이블에서 스팟 검출과 중심점 계산을 수행한다.

3. LED 라이트의 크기를 줄이기 위한 방법

LED 라이트의 크기가 클 경우 사람의 눈에 입사될 때 가려지는 부분이 생길 가능성이 높고, 눈으로부터 반사된 스팟과 빔 스플릿터로 반사된 LED 라이트의 중첩도 더 넓게 나타날 수 있다. 스팟이 크게 형성되기 때문에 중심점 계산 시에도 처리 속도에서도 성능 저하 요인이 된다. LED 광원의 크기를 줄이기 위해 핀 홀(pin hole)을 이용하여 광원의 크기를 줄이는 방법을 적용할 수 있다.

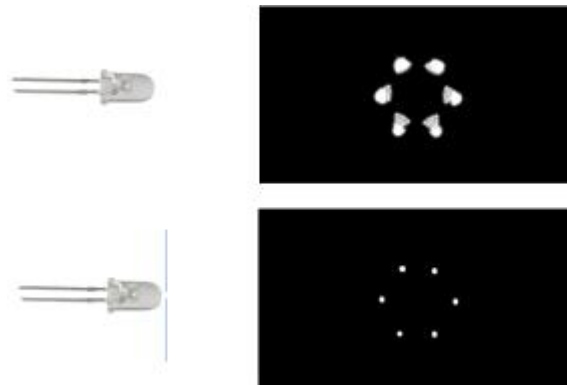


그림 13. 기존 LED 라이트의 반사광 영상(상)과
핀홀을 이용하여 광원의 크기를 줄인 반사광 영상(하)

4. 광학적 조립 정렬로 인한 왜곡 보정

광학 시스템의 조립과 정렬을 수행하다 보면 약간의 오차로 인해 어쩔 수 없이 왜곡이 발생한다. 이런 왜곡 현상을 초기 디자인의 위치와 모형으로 다시 복원을 하면, 측정 결과의 정확도를 향상시킬 수 있다. 아래의 그림은 정상적으로 조립 정렬이 되었을 때 (왼쪽)와 약간의 정렬 오류로 인해 각 스팟의 위치와 모형이 변형되고 왜곡된 것을 보여 준다.

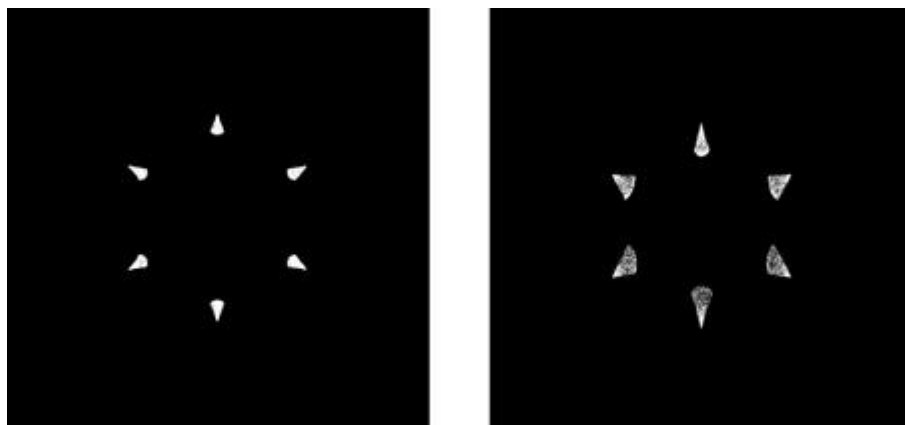


그림 14. 광학 디자인과 같이 정렬되었을 때의 결과 (왼쪽)와
조립 정렬의 오류로 인해 스팟의 위치와 모형이 왜곡된 결과(오른쪽) 이다.

정상적으로 조립 정렬된 검안기에서는 모형안 (medel eye)을 측정할 때, 각 스팟의 중심을 연결하여 정 원 형태의 스팟 정렬을 얻게 된다 (아래 그림의 왼쪽). 만약 조립 정렬상의 오류가 생기면 정 원이 아닌 다른 형태의 스팟 정렬 형태를 볼 수 있게 되는데, 아래 그림은 그 중 하나의 형태로 타원 스팟 정렬 형태를 보여 준다. 이런 경우 각각의 스팟 위치를 정 원위에 위치시키기 위해 전체적인 이미지를 타원에서 정 원으로 역으로 왜곡을 주어 복원을 하게 된다. 이런 보정 작업은 초기에 각 디옵터(diopter) 별로 실행하여 테이블 형태로 저장하고 이를 각 측정시 마다 적용하여 사용하면 측정 결과의 정확도를 높일 수 있다.



그림 15. 정상적인 정렬 상태에서 스팟의 위치는 원의 형태위에 놓여 있고 (왼쪽)
정렬의 오류로 인해 스팟의 위치들이 타원의 위에 놓여 있다 (오른쪽).

조립 정렬로 인한 오류는 스팟들의 위치뿐 아니라 각 스팟들의 모형을 왜곡시킨다. 이런 왜곡현상은 각 스팟의 센터를 계산하는 과정에서 조립 정렬 오차가 없을 때 보다 많은 오차를 발생시킨다. 이런 스팟의 모형을 모핑 (morphing)으로 복구하게 되면 그런 오차를 줄일 수 있다. 아래 그림은 조립 정렬 오차가 없을 때 (왼쪽)와 있을 때 (오른쪽)을 보여주고 있다. 아래 그림에서 보듯이 왜곡 전과 후의 모형에서 스팟 모형의 외각선을 따라 몇 개의 기준점들을 정하고 이를 모핑 과정에 사용하여 스팟 모형을 복구 할 수 있다. 이런 스팟의 모핑과정 역시 측정 결과의 정확도를 높이는데 기여된다.

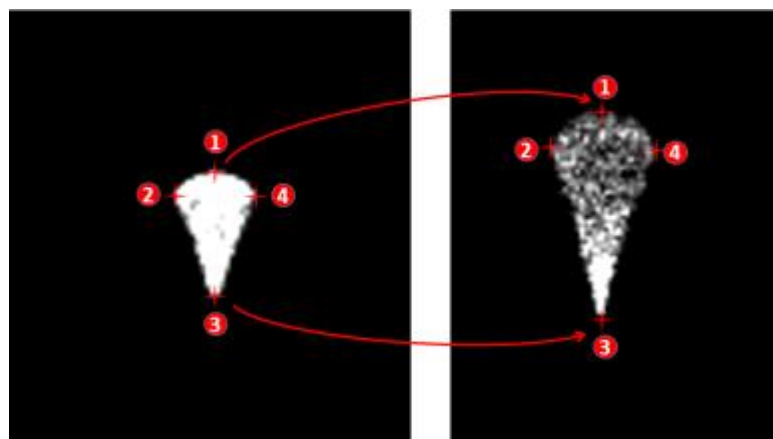


그림 16. 정상적인 정렬 상태에서 스팟의 모형 (왼쪽)과 정렬의 오류로 인해 스팟의 모형이 왜곡된 상태(오른쪽)를 보여 준다. 각 기준점들을 이용하여 모핑을 하고 스팟 모형을 복원할 수 있다.

5. 특허 출원

검안기의 영상처리 기술은 ‘검안기 및 검안기의 영상처리 방법’으로 특허 출원하였으며 출원
번호는 10-2016-0143921이다.

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자	2016.10.31
특 기 사 항	심사청구(무) 공개신청(무)
출 원 번 호	10-2016-0143921 (접수번호 1-1-2016-1063721-90)
출 원 인 명 칭	한국 천문 연구원(3-1999-037085-1)
대 리 인 성 명	신용현(9-2003-000145-1)
발 명 자 성 명	최성환 김지현 백지혜 강용우 남옥현
발 명 의 명 칭	검안기 및 검안기의 영상처리방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드>
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

그림 17. ‘검안기 및 검안기의 영상처리 방법’ 특허 출원

6. 검안기 광학계 정렬 및 실험 환경 구축

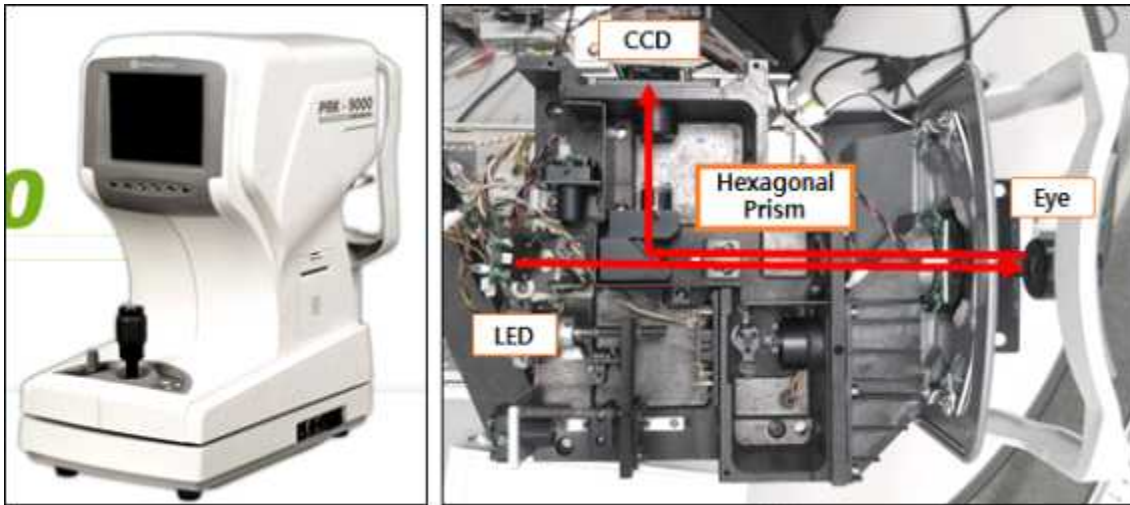


그림 18. 검안기 내부의 광학틀



그림 19. 광학계 정렬 및 실험 환경 구축

주 의

1. 이 보고서는 한국천문연구원에서 시행한 2016년도 주요사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 한국천문연구원에서 시행한 주요사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.