

Creative ICT Convergence KOREA 2017

창의 ICT 융합 인재 포럼

| PROGRAM BOOK |

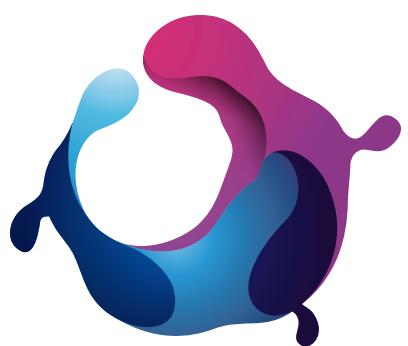
주최  미래창조과학부

주관
정보통신기술진흥센터
Institute for Information & Communications Technology Promotion

 연세대학교
YONSEI UNIVERSITY


POSTECH
POHANG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY


SUNY Korea
The State University of New York
한국뉴욕주립대학교



Creative ICT Convergence KOREA 2017





Creative ICT Convergence KOREA 2017

창의 ICT 융합 인재 포럼

행사 소개

ICT명품인재양성 교육 · 연구성과 발표 및 ICT분야 ‘창의’ 와 ‘융합’을 주제로 대학의 새로운 교육과정과 연구방향 논의 및 제시

행사 개요

일시 5월 24일(수) ~ 5월 27일(토) 10:00~17:00

장소 COEX 1F Hall A

주최 미래창조과학부

주관 정보통신기술진흥센터, 포스텍, 연세대학교, 한국뉴욕주립대학교

주요프로그램

5/24 WED	15:00~15:30	Keynote Speech - 진대제 스카이레이크 인베스트먼트 CEO : 창의적 인재 및 창조적 기업가
5/25 THU	16:30~16:45	초청강연 - 데니스 흥 UCLA 교수 : 미래 사회 로봇(미래 로봇시대가 필요로 하는 인재)
5/26 FRI	13:00~13:30	외부연사 강연 I - 최진성 SK텔레콤 종합기술원장 : 인공지능기반 Digital Transformation
	13:30~14:00	외부연사 강연 II - 구준회 블루아크 대표 : Stay Hungry. Stay Foolish
	14:00~14:30	외부연사 강연 III - 송길영 다음소프트 부사장 : 적응, 그리고 협력
	14:30~15:10	명품사업 총괄책임자 발표 - 한건희 연세대 글로벌융합기술원장 : 융합적 방법론 - 김창현 포스텍 미래IT융합연구원 부원장 : 4차산업을 대비하는 융합 인재
	15:10~16:50	창의융합 교육심포지엄 - 국가기술과학연구회 이상민 부장 외 4인 / Panel Discussion : 기관간 융합연구 촉진의 필요성과 제도적 방안 - 포스텍 김진택 교수 김한준 교수 / Talk Show : 창공인의 미래공학인을 위한 좌충우돌 성장기
5/27 SAT	10:00~12:00	대학별 홍보 프로그램 - 연세대 백종덕 교수 / 학부 및 대학원생 발표 - 포항공대 김진택 교수 / 학부 및 대학원생 발표 - 한국뉴욕주립대 이승준 팀장
	13:00~14:00	TED(Technology Entertainment Design)강연 - 김형함 교수(포항공대) : 의료용 초음파의 미래 - 박성민 교수(포항공대) : The Future of Implantable Medical Devices - 김한준 교수(포항공대) : 창의적인 공학자 - 안홍식 교수(한국뉴욕주립대) : Clinical Decision Support System
	14:00~15:00	창의융합교육의 철학과 전략 그리고 성과 - 연세대 백종수 교수 / 정한주 학생
5/24~5/27	10:00~17:00	ICT명품인재양성 학생 등 교육·연구성과 전시 진행

CONTENTS

ICT명품인재 양성사업 연구성과 전시

Booth No.		
1	SimpleSSD : Full-System 시뮬레이터와 호환 가능한 SSD 시뮬레이터	07
2	3D 세포 프린팅을 이용한 조직 및 장기 제작 기술 개발	09
3	이중편파 단일안테나 기반 GPS 항제밍 신호처리 기법	11
4	초고속 광음향 현미경: From Bench To Market	13
5	RGB-D 영상을 이용한 강건한 조명 추출 방법	15
6	음향렌즈기반 초음파 카메라를 이용한 수중 3D point cloud 매핑	17
7-1	박리다매 : 크라우딩 소싱을 위한 새로운 인센티브 전략	19
7-2	무선채널오류를 고려한 모바일 어플리케이션 오프로딩	21
8	포토 리소그래피 및 에칭을 통합한 화학적 스템프	23
9	10음계 음악의 창작	25
10	초소형 비행체를 위한 새로운 전방향 깊이 감지 방법	27
11	몸내부에 금속이 있다면: CT에서의 금속음영영상 왜곡 보정	29
12	운전자보조시스템을 위한 객체검출 및 인식기술 개발	31
13	미세유체공학과 마찰전기발전기를 융합한 자가 발전이 가능한 액체 검출 센서	33
14	HMD 기반의 virtual multi-screen 디스플레이 시스템	35
15	X선 CT에서의 닷 카운팅 기반의 전방 투사 프로젝터 연구	37
16	몰입형 4D 모션 효과의 자동 생성 시스템	39
17	DEEPSLEEP: 호흡 추적을 통한 정확하고 저렴한 수면 패턴 분석	41
18	소리를 보는 통로, 소보로	43
19	5G 시대 : 하드웨어/소프트웨어 플랫폼	45
20	스마트산업 에너지 하베스팅 기술 및 IoT 센서 기술	47

Booth No. 01

SimpleSSD : Full System 시뮬레이터와 호환 가능한 SSD 시뮬레이터

SimpleSSD : Educational SSD Simulator, Compatible with Full System Simulators

Introduction

SimpleSSD is a high-fidelity solid-state drive (SSD) simulation framework that models all detailed characteristics of the hardware and software, while simplifying the nondescript features of storage internals, such as multi-cycle operations to address a target page in flash interface. The proposed hardware and software simplifications allow SimpleSSD to accommodate a complete storage stack, and allow system and computer architects to evaluate the performance of SSDs along with diverse memory technologies and to explore the full design space of SSD architectures.

SimpleSSD

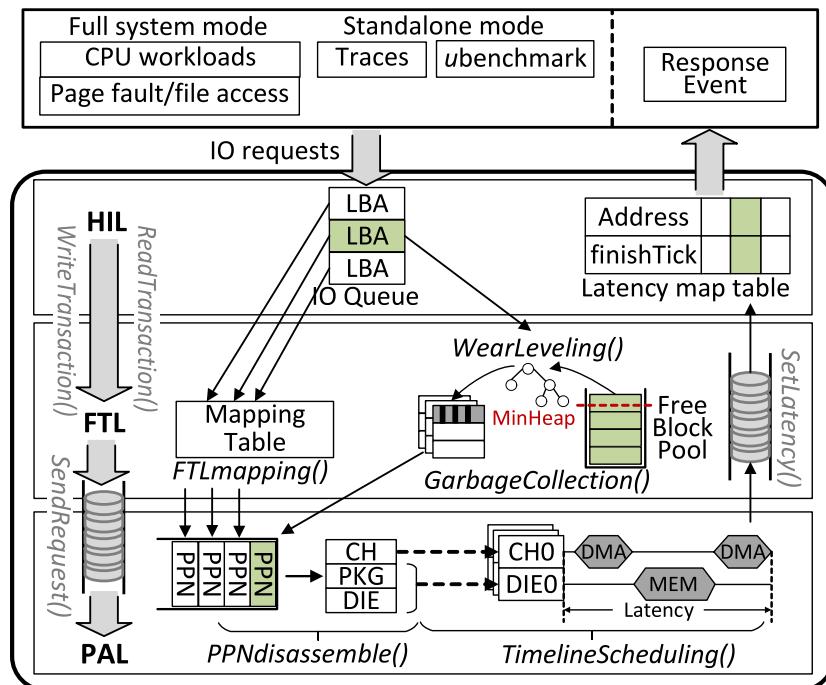
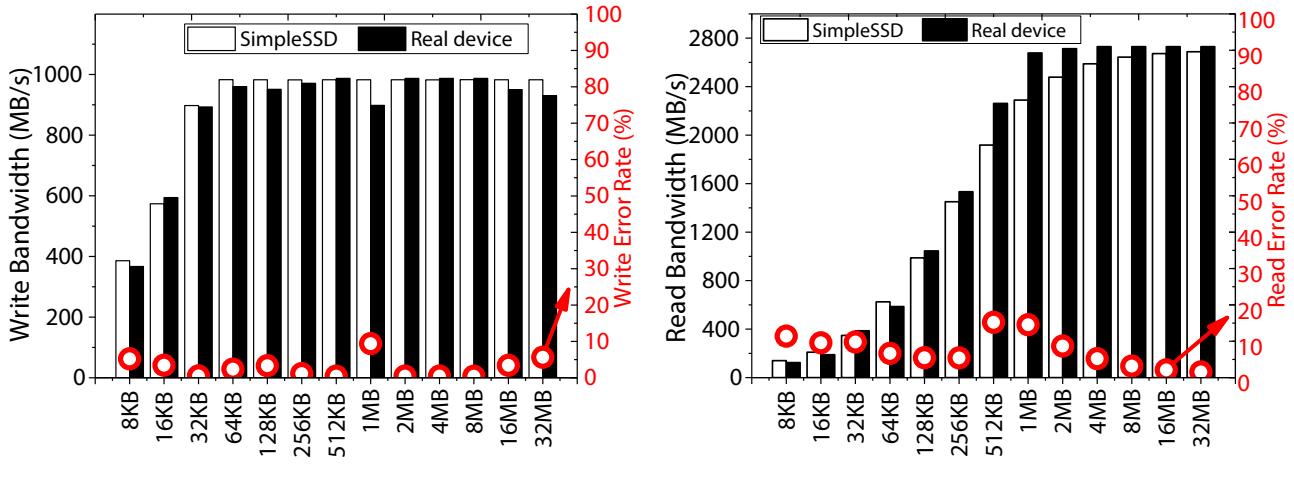


Figure 1. High-level view of SimpleSSD.

Figure 1 shows a high-level view of SimpleSSD and explains how our simulator processes the incoming I/O requests. A request is first taken by the host interface layer (HIL) and the corresponding target address is translated by the flash translation layer (FTL). After that, the parallelism allocation layer (PAL) services the request by abstracting the physical layout of interconnection buses and flash dies. The completion of an I/O request is reported from PAL to the host-side disk controller via HIL.



Vendor	Product	Capacity	Channel	Page Size
Intel	750 SSD	400GB	8	16KB
Packages/Channel	Dies/Package	Planes/Die	DMA frequency	Interface
4	2	2	400MHz	ONFI 3.0

Figure 2. A set of evaluations for performance validation.

We compare the performance of SimpleSSD with that of a real device (Intel NVMe 750). The result shown in Figure 2. For all requests whose sizes range from 8KB to 32MB, the percentage difference (e.g. error rates) between the results of SimpleSSD and NVMe 750 is 2.7% on average, and their performance trends are similar; when increasing the request size, the bandwidth of both drives quickly increases and saturates at the 64KB request size.

Conclusion

We proposed a high-fidelity SSD simulator that builds a complete storage stack from scratch, and models all detailed characteristics of SSD internal hardware and software. This simulator can be integrated into publicly-available full system simulators



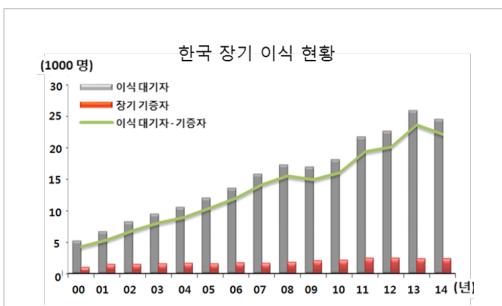
Creative ICT
Convergence
KOREA 2017

Booth No. 02

3D 세포 프린팅을 이용한 조직 및 장기 제작 기술 개발

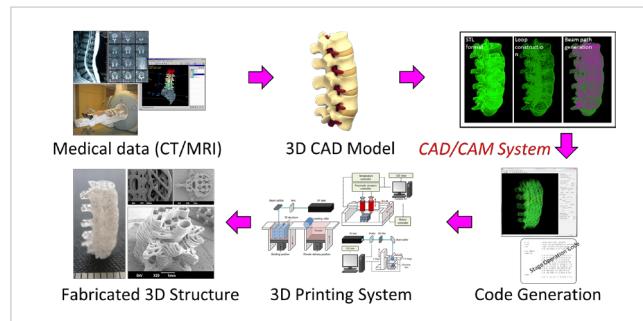
Engineering human tissues via 3D cell printing technology

현재 전세계적으로 조직/장기 이식에 대한 수요가 지속적으로 높아지고 있다. 하지만, 이러한 장기 이식에 대한 수요에 비해 실제로 장기 이식이 이루어지는 경우는 많지 않아, 장기 이식에 대한 수요-공급의 격차가 계속해서 늘어나고 있으며, 장기 이식 대기 환자들의 고충은 점차 늘어나고 있는 것이 실정이다. 이러한 상황을 해결하고자 손상된 조직/장기를 재생하는 조직/장기 재생 연구(tissue engineering)가 활발하게 이루어지고 있다.



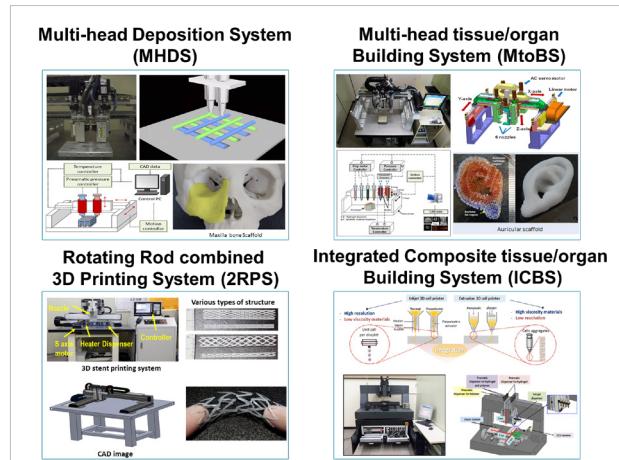
[그림 1] 한국 장기 이식 현황

조직/장기 프린팅 연구는 기본적으로 환자 맞춤형을 지향하고 있기 때문에, 병원으로부터 실제 환자의 데이터 (CT, MRI 등)를 받아서 CAD/CAM 기반 3D 모델링을 거쳐 3D 프린터를 구동하는 코드를 생성하고, 이 코드를 기반으로 3D 프린터를 통해 환자 맞춤형 구조물을 제작하게 된다.



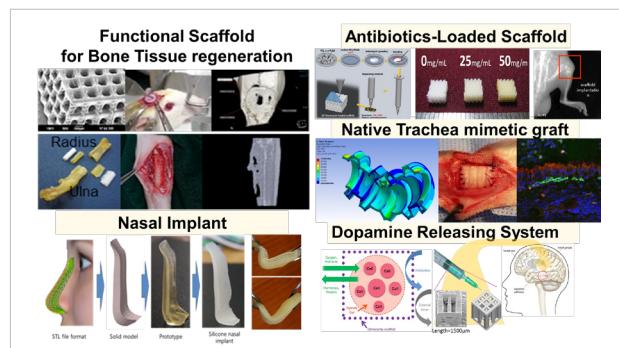
[그림 2] 연구 흐름 개요

3D Bioprinting Research Group (창의IT/기계공학과)에서는 조직/장기 재생을 위한 기반 기술로써 3D 프린팅 기술을 이용하고 있다. X, Y, Z축으로 이속이 가능한 시스템을 이용하여 생분해성 폴리머와 세포를 프린팅 한다. 본 연구단에서는 다양한 형태의 3D 프린팅 시스템을 구축하고 있어 용도에 맞게 사용할 수 있다.



[그림 3] 3D 프린팅 시스템

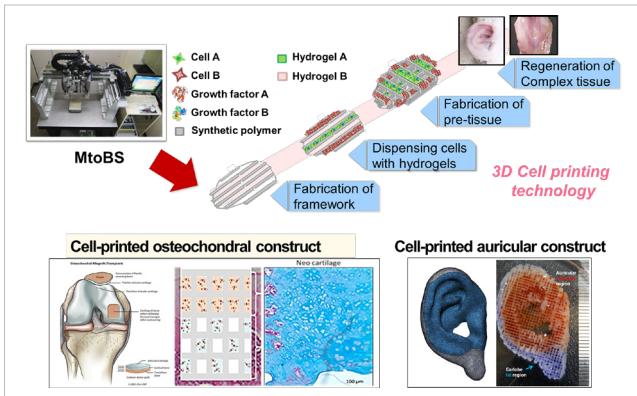
3D 프린팅 시스템을 통해 제작된 구조체는 뼈 재생, 기도 재생과 같은 장기 재생이나 약물전달용 구조체, 환자맞춤형 임플란트 등을 제작하고 동물실험을 통하여 그 효과를 확인하였다.



[그림 4] 3D 프린팅 기술을 이용한 연구

실제 조직/장기는 굉장히 다양한 세포와 복잡한 구조를 가지고 있기 때문에 보다 발전된 조직/장기 재생 연구를 위해서는 실제 장기를 그대로 모사해 줄 수 있는 기술이 절실하다. 3D 세포 프린팅은 원하는 위치에 원하는 재료와 세포를 프린팅 할 수 있는 핵심기술이다.

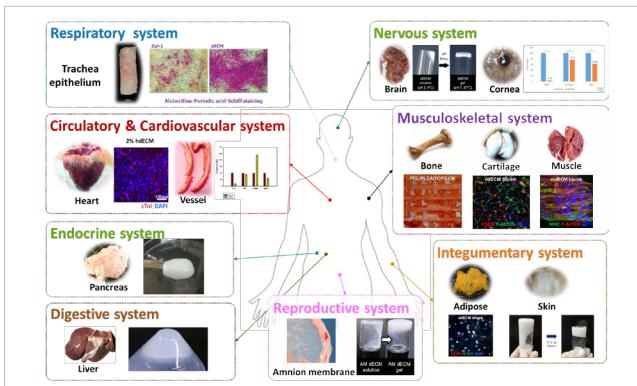
우선 제작할 조직/장기의 프레임을 제작하고, 세포가 탑재되어 있는 바이오 잉크를 적재적소에 프린팅한다. 이러한 방식으로 층층이 쌓아 올려서 전조직체 (pre-tissue)를 제작한다. 이것을 생체외 배양 또는 생체내 이식을 통해 조직/장기화 하여 목표 장기/조직의 기능을 할 수 있도록 한다. 여기에 사용되는 바이오 잉크는 세포에게 필요한 영양소나 성장인자가 탑재된다. 이러한 3D 세포 프린팅 기술을 통해 아래의 그림과 같이 뼈-연골, 귀연골-지방을 동시에 프린팅하는 것 등이 가능하다.



[그림 5] 3D 세포 프린팅 기술과 적용 사례

하지만 알지네이트, 콜라겐과 같이 현재 상용화 되어있는 바이오잉크는 우리가 재생하고자 하는 조직/장기의 환경을 그대로 모사해주기 어렵다. 이에 본 연구단에서는 재생을 목표로 하는 조직/장기로부터 3D 세포 프린팅이 가능한 바이오잉크를 추출하는 기술을 세계 최초로 개발하였다. 이러한 바이오잉크는 기존의 상용화된 바이오잉크에 비해 재생 정도가 월등히 좋은 것으로 확인되어, 조직/장기 재생 연구에 새로운 길을 열었다.

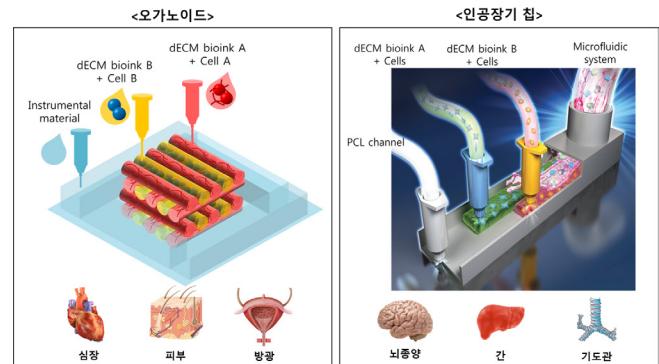
이를 기반으로 뼈, 연골, 근육, 지방, 피부, 간, 기도, 뇌, 망막, 심장, 혈관 등 우리 몸에 있는 모든 장기에서 생체 조직 유래 바이오잉크를 추출하고, 이를 연구에 적용하고 있다.



[그림 6] 생체 조직 유래 바이오 잉크

또한, 본 연구단은 조직/재생을 통해 확보한 3D 세포 프린팅 기술을 가지고 조직/장기의 기능을 구현한 생체 조직 모사 플랫폼을 연구하고 있다.

생체 모사 플랫폼은 실시간 모니터링이 가능한 IT 융합형 헬스케어 시스템으로써, 각종 생체 독성 실험 평가 및 질환 치료 용 신약 개발의 플랫폼으로 사용이 가능하다.

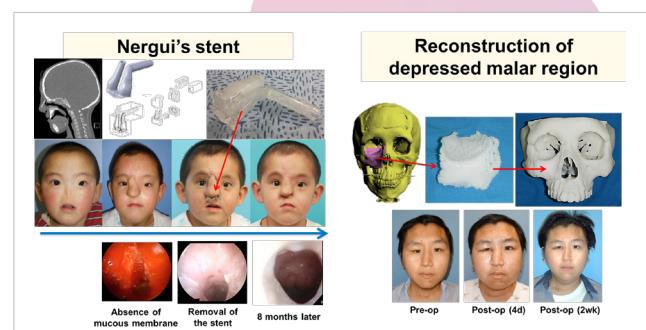


[그림 7] 생체 조직 모사 플랫폼

본 연구단은 앞서 언급한 기술들을 통해 연구실을 넘어서서 실제 임상에도 3D 프린팅 기술을 두차례 적용하여 성공하였다.

첫번째 사례는 코와 비강이 없는 선천적 기형을 가진 환자에게 비강을 만들어줌과 동시에 점막층이 재생될 때 까지 지지해줄 수 있는 스텐트를 제작하여 삽입하였고, 점막층 재생 이후 스텐트를 제거하고 3년이 지난 현재도 막히지 않고 재건된 비강과 코로 숨을 잘 쉬고 있다.

두번째 사례는 어렸을 때 생겼던 비강암을 제거하기 위해 안면골을 일부 제거하여 눈이 함몰된 성인 환자에게 안면골재건을 위해 생분해성 인공 뼈를 제작하여 삽입해주었고, 이를 통해 수술 4주 후에는 함몰된 흔적 없이 정상인과 같은 생활을 할 수 있었다.



[그림 8] 3D 프린팅 기술을 이용한 임상 사례

본 연구단은 3D 세포 프린팅 기술을 이용하여 장기이식환자들의 수요를 충족시키고, 생체 조직 모사 플랫폼을 통해 고도화된 신약개발의 발판을 마련하며, 더 나아가 발전된 미래를 열 수 있는 기반을 마련할 수 있다고 확신한다.

Booth No. 03

이중편파 단일안테나 기반 GPS 항재밍 신호처리 기법

GPS Anti-Jamming Technique Based on a Single-Element Dual-Polarized Antenna

GPS로 대표되는 위성항법시스템은 현재 산업, 군사, 민간 등 다양한 분야에서 필수적인 인프라로 자리잡고 있다. 그러나 약 20,000km 상공의 궤도를 공전하는 위성으로부터 송출되는 항법신호는 지구상에서의 수신 세기가 매우 약하여 재밍에 취약하다는 단점이 있으며, 재밍 시 GPS 수신기는 위치 및 시각 정확도가 현저하게 감소할 뿐만 아니라 GPS 신호의 획득 및 추적이 불가능해질 수 있다. 실제로 국내에서는 올해를 비롯하여 최근 몇 년간 발생한 북한의 GPS 재밍으로 인한 다수의 피해가 발생한 바 있다.



[그림 1] 국내 언론에 보도된 북한의 GPS 재밍 (출처: YTN)

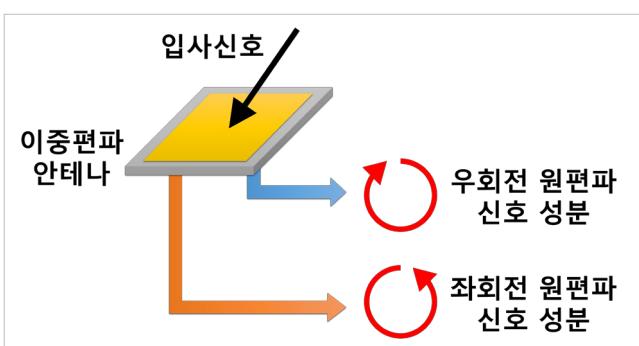
따라서 재밍의 피해를 줄이고 GPS 신호를 안정적으로 수신하기 위한 항재밍 기법이 다양하게 연구되어왔으며, 그 중 다수의 재밍신호를 동시에 감쇄할 수 있는 배열안테나 항재밍 기법이 폭넓게 연구되어 실제 군 무기체계에 활용되고 있다.



[그림 2] 미군에서 무기체계에 적용하여 활용 중인 GPS 배열안테나
(출처: Novatel 社)

그러나 배열안테나 항재밍 기법은 안테나 소자가 늘어날 수록 전체 시스템의 크기 및 무게가 필연적으로 증가하므로, 탑재 중량 및 부피가 제한된 플랫폼에는 적용이 용이하지 않다는 단점이 있다. 이러한 배열안테나의 단점을 극복하여 다양한 플랫폼에 항재밍 기술을 적용하기 위하여 단일 안테나만을 이용한 항재밍 신호처리 기법이 연구되었으나, 배열안테나 기법과 달리 광대역 재밍신호의 감쇄가

불가능하여 제한된 항재밍 성능을 보이는 것으로 알려져 있다. 기존 배열안테나 기법의 제한된 적용성 및 단일 안테나 기법의 제한된 광대역 재밍신호 감쇄 성능을 개선하기 위해, 본 연구팀에서는 GPS 이중편파 안테나를 이용한 항재밍 기법을 제안한 바 있다. 기존의 일반적인 GPS 안테나와 달리, 이중편파 안테나는 입사하는 신호로부터, 두 가지 편파(우회전 원편파, 좌회전 원편파)의 신호 성분을 수신할 수 있으며, 이 특성을 활용하여 재밍신호를 감쇄할 수 있다.

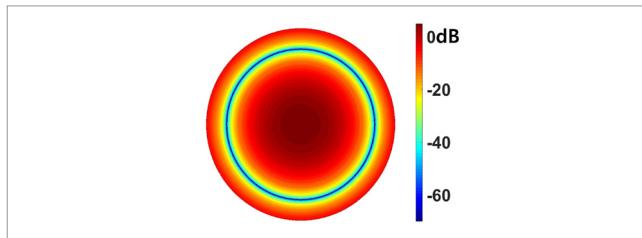


[그림 3] 입사 신호로부터 두 가지 편파의 신호 성분을 수신할 수 있는 이중편파 안테나

그러나 본 연구팀에서 기존에 제안한 기법은 등방형의 이득 패턴(gain pattern) 형성으로 인해, 재밍 신호와 동일한 고각(elevation angle)으로 입사하는 GPS 신호에 대하여 수신 불능이 발생하는 한계가 존재하였다.

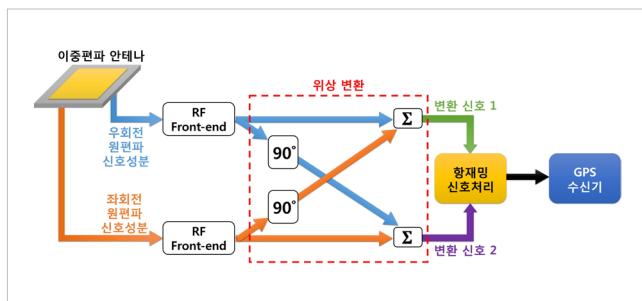


[그림 4] 재밍신호와 동일한 고각으로 입사하는 GPS 신호에 발생하는 수신 불능

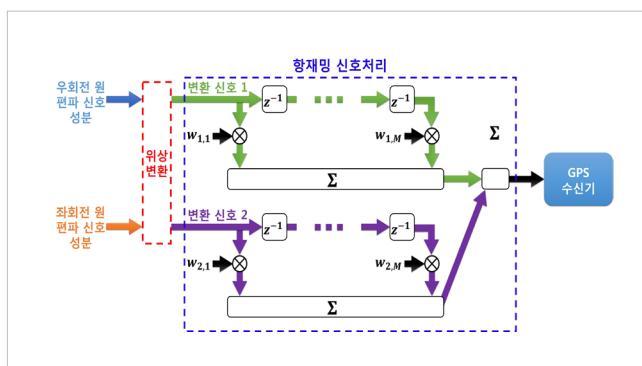


[그림 5] 본 연구팀의 기준 기법에 의하여 형성된 등방형 이득 패턴

기준에 제안한 기법의 한계를 보완하고 등방형 이득 패턴이 아닌 특정 방향의 재밍 신호에 대해서만 감쇄가 가능하고 동일한 고각의 GPS 신호의 수신이 가능하도록 하기 위해, 본 연구팀에서는 이중 편파 단일안테나의 각 수신신호에 위상 변환을 수행하고, 변환된 신호에 대하여 디지털 필터로 구성된 항재밍 신호처리를 구현하였다.



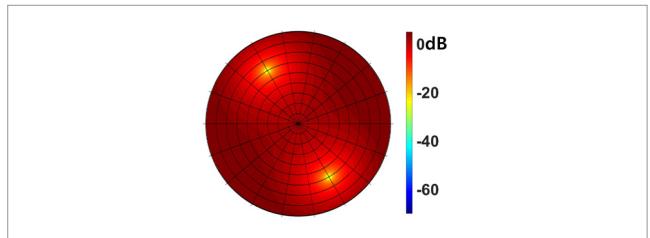
[그림 6] 이중편파 단일안테나의 각 수신신호에 대한 위상 변환 블록 다이어그램



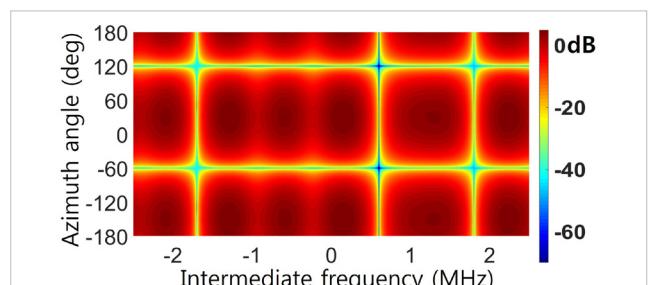
[그림 7] 두 개의 디지털 필터로 구현되어 각 변환 신호에 적용되는 항재밍 신호처리 블록 다이어그램

위 [그림 7]과 같이 이중편파 단일안테나의 각 수신신호에, M개의 time tap으로 구성된 디지털 필터를 구현하여 적용할 경우, 단일안테나로도 공간 영역에서 1개의 광대역 재밍신호를 감쇄함과 동시에 주파수 영역에서 최대 M-1개의 협대역 재밍신호를 감쇄할 수 있으므로, 배열안테나에 비해 절감된 크기 및 중량 등으로도 항재밍 성능을 얻을 수 있다.

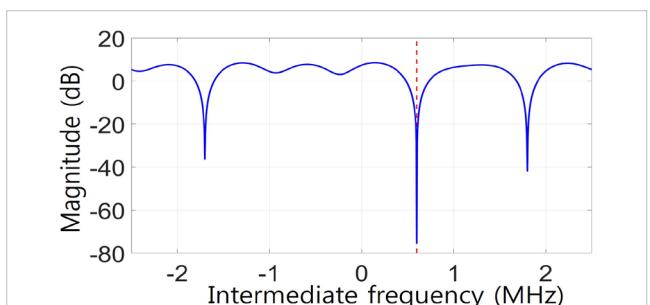
제안한 기법의 항재밍 성능 검증을 위해 광대역 및 협대역 재밍 신호와 함께, 재밍 신호와 동일한 고각의 GPS 신호가 입사하는 시나리오에 대하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 다음과 같은 결과를 얻었다.



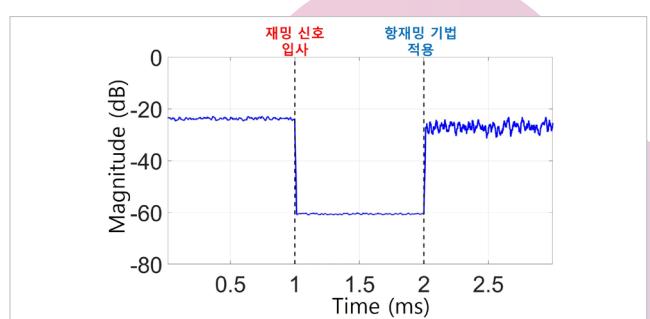
[그림 8] 제안된 기법에 의하여 형성된 이득 패턴



[그림 9] 설정한 재밍 시나리오에 대한 각도-주파수 응답



[그림 10] 설정한 재밍 시나리오에 대한 주파수 응답



[그림 11] 설정한 재밍 시나리오에 따른 신호 대간섭 및 잡음 비 변화

[그림 5]와 비교하여 [그림 8]의 이득 패턴에서 보여지듯이 제안된 기법을 통해 특정 방향의 재밍 신호 감쇄가 가능함을 확인할 수 있으며, [그림 9] 및 [그림 10]을 통해 설정한 광대역 및 협대역 재밍 신호에 대하여 효과적으로 감쇄가 이루어짐을 확인할 수 있다. 또한 [그림 10]을 통해 재밍 신호와 동일한 고각으로 입사하는 GPS 신호에 대하여 수신 불능 없이 정상적인 수신이 가능함을 확인할 수 있다.

Booth No. 04

초고속 광음향현미경: From Bench To Market

Fast Photoacoustic Microscopy : From Bench To Market

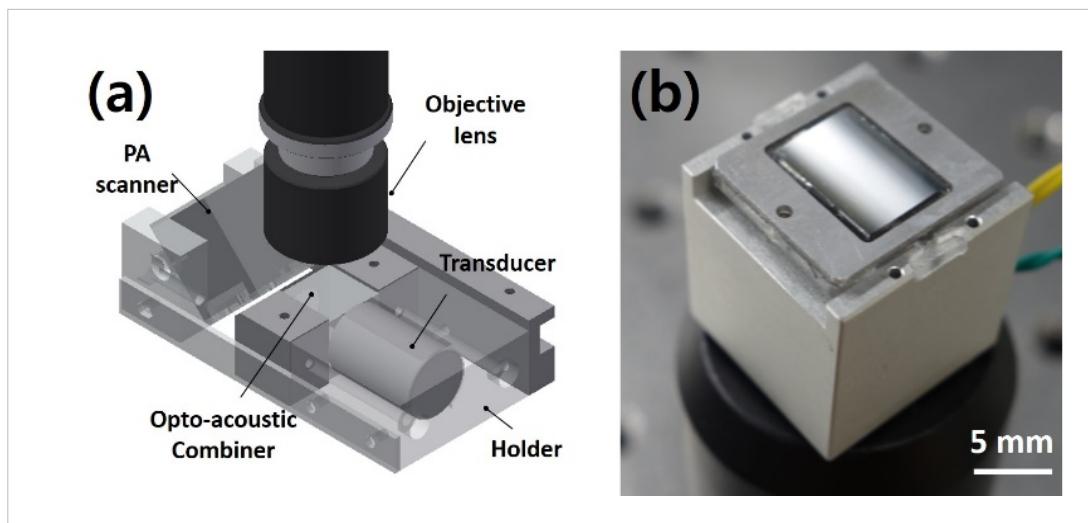
연구 개요

광음향 현미경은 빛의 흡수를 초음파의 전달로 변환하여 생체 내부의 영상을 3차원 고해상도로 얻어내는 새로운 개념의 생체의 학영상 방법이다. 인체에 무해한 펄스 레이저를 생체에 조사했을 때 빛의 흡수에 의해 짧은 시간 동안 온도가 상승하고 이에 따른 열적팽창에 의한 초음파(광음향파)를 측정해 생체내부의 정보를 영상화하는 원리이다. 특히 생체내부에는 다양한 파장을 선택적으로 흡수하는 물질들(멜라닌, 헤모글로빈, DNA/RNA, 지질, 당류 등)이 존재하기 때문에 펄스레이저의 파장을 달리함으로써 생체 내부의 해부학적인 영상뿐 아니라 산소포화도, 혈류량, 대사율과 같은 기능적 정보를 얻을 수 있다.

이러한 장점에도 불구하고, 모터스테이지를 기반으로 하는 기존의 광음향 현미경의 느린 영상 속도 (B-scan: 1 Hz)로 인해 실제 전임상 및 임상 적용에 한계가 있었다. 느린 영상 속도는 광음향 현미경이 시장에 유통되는데도 큰 걸림돌이 되어왔다. 느린 영상 속도의 문제를 해결하기 위해 다양한 연구들이 시도되고 있는데, 그 중에서 본 연구진은 물속에서 작동하는 2축 광음향 스캐너를 개발하여 영상 속도를 100배 이상 향상시키는데 성공한 바 있다. 본 연구에서는 이러한 초고속 광음향 현미경을 개발하기 위한 구체적인 요소 기술과 이를 상용화로 연결시킨 방법에 대해서 알아보고자 한다.

연구 결과

현재 광음향 영상에 관련해서 전세계적으로 상용화가 활발히 진행중이지만, 높은 해상도와 영상 감도를 모두 가지는 광음향 현미경으로는 미국 Microphotoacoustics (MPA)사의 장비가 유일하다. 본 연구진은 이 점에 주목하고 비즈니스 모델을 수립하였다. 시장 진출 초기에는 독자적인 초고속 광음향 현미경을 개발하기 보다, MPA사와의 협의를 통해 유통망을 공유하고 현재 전세계에 설치된 MPA사 장치를 업그레이드 하는 방향으로 결정하였다. 이를 위해 기존에 개발된 2축 방수형 광음향 스캐너 (PA scanner)와 광-음파 결합기(Opto-acoustic combiner), 초음파 트랜스듀서로 이루어진 고속 광음향 스캐너 모듈을 MPA사 광음향 현미경에 적합하도록 그림1.(a) 와 같이 새롭게 디자인하였다. 그림1.(b)는 제작된 2축 방수형 광음향 스캐너의 사진이다. 2축 방수형 광음향 스캐너는 크게 PDMS로 이루어진 알루미늄 거울 구동층과 이를 2축 방향으로 구동시키기 위한 전자기력 구동을 제공해주는 전



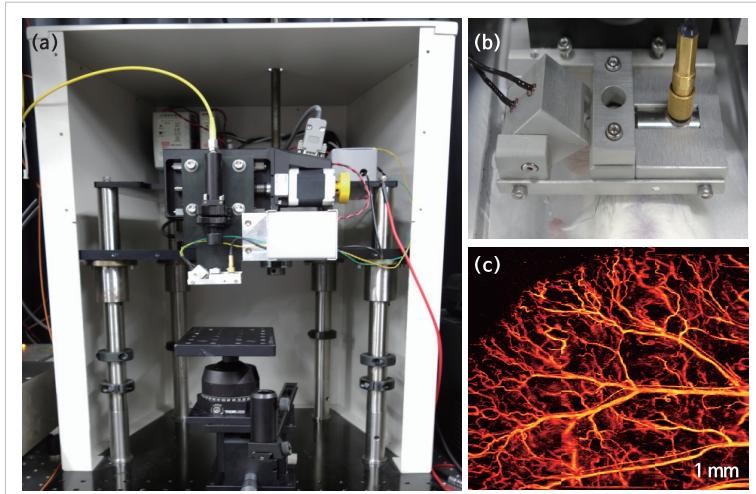
[그림1] (a) 초고속 광음향 스캐너 모듈의 3차원 CAD 모델링. (b) 제작된 2축 방수형 광음향 스캐너 사진

자석 블록으로 이루어진다. 기존에 개발된 본 연구진의 광음향 스캐너와 달리 상용화를 염두에 두고 모든 부품을 견고한 알루미늄으로 제작하였다. 제작한 광음향 스캐너는 물속에서 100 Hz 이상으로 빠르게 작동이 가능하여 빛과 초음파를 동시에 반사할 수 있었다. 따라서 기존 MPA사의 광음향 현미경 영상 속도를 100배 이상 향상 시킬 수 있다는 사실을 확인하였다.

제작한 초고속 광음향 스캐너 모듈을 그림2.(a)와 같이 MPA사의 광음향 현미경의 일부 부품을 교체하는 방식으로 설치하였다. 기존 장치의 광학 모듈을 그대로 활용할 수 있기 때문에 높은 해상도를 그대로 유지할 수 있으며, 기존 설치된 모터스테이지를 활용함으로써 광음향 스캐너의 단점이었던 작은 영상 범위(2×2 mm)의 문제도 추가로 해결할 수 있었다. 초고속 영상 처리를 위해 랩톱을 이용해 새롭게 구동프로그램을 제작하였고 기존 장비와의 훌륭하게 연동되는 것을 확인하였다. 그림2.(b)는 설치된 초고속 광음향 스캐너 모듈을 이용해 쥐의 귀 내부에 있는 미세혈관들을 영상하는 모습을 나타내는 사진이고 그림2.(c)는 그 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 일반 광학영상으로는 보기 힘든 귀 내부의 혈관 까지 잘 나타낼 수 있는 것을 확인하였다. 본 이미지를 얻는데 기존 MPA사의 장비가 수십분이 걸리는 반면 본 초고속 광음향 현미경으로는 30초 내외로 6×6 mm의 넓은 범위의 영상을 얻을 수 있었다.

사업화 진행 결과

상기 기술을 바탕으로 2017년 3월 1일 (주)팜스텍(대표: 박성조)를 설립하였다. (주)팜스텍은 주요 사업 모델은 기 설치된 MPA사의 광음향 현미경에 고속 광음향 스캐너 모듈과 고속영상처리 소프트웨어를 제공하는 것이다. 이를 통해 기존의 높은 해상도와 감도를 그대로 유지하면서 영상속도를 획기적으로 향상시키는 효과를 가져온다. 따라서 기존 MPA사의 광음향 현미경 구매 고객에게 활용 분야를 보다 넓게 가져갈 수 있으며, 느린 영상속도로 인해 구매를 망설였던 잠재적인 고객을 끌어들일 수 있었다. 현재 본 초고속 광음향 스캐너 모듈을 일본에 1대 판매완료 하였으며 가까운 시일 내에 싱가폴, 미국, 중국 등지로 판매 계획이 있다. 향후 연구 개발을 통해 기존 장비의 성능을 업그레이드 하면서 다양한 기능을 추가시켜 미국 MPA사 장비에 국한하지 않고 독자적인 판매 루트를 개척해 시장 경쟁력을 확보할 계획이다.



[그림2] (a) MPA사 광음향 현미경에 설치한 사진. (b) 초고속 광음향 스캐너 모듈을 이용한 *in vivo* mouse 영상 실험
(c) 쥐의 귀 내부의 미세 혈관의 광음향 영상

Booth No. 05

RGB-D 영상을 이용한 강건한 조명 추출 방법

Robust Approach to Inverse Lighting using RGB-D images

Computer-generated (CG) 영상은 영화와 비디오 게임, 원격 수술 등 여러 분야에서 널리 사용되어지고 있다. 지난 10년간은 CG 영상을 생성할 때의 계산 복잡도가 중요한 요소였으며, 이러한 CG 영상을 실시간으로 생성하는 방법에 대한 연구가 많이 진행되었다. 반면에 최근에는 가상현실 및 증강현실 산업이 커지며 더욱 사실적으로 보이는 CG 영상을 만드는 것의 중요성이 대두되고 있다.

정확한 조명은 사실적으로 보이는 CG 영상을 만들기 위한 핵심 요소이다. 만약 조명이 정확하지 않다면, 생성된 CG 영상은 매우 어색해 보일 수밖에 없다. 본 연구는 사진에서 조명 및 형상 정보를 추출할 수 있는 방법, 즉 inverse lighting method를 제공한다.

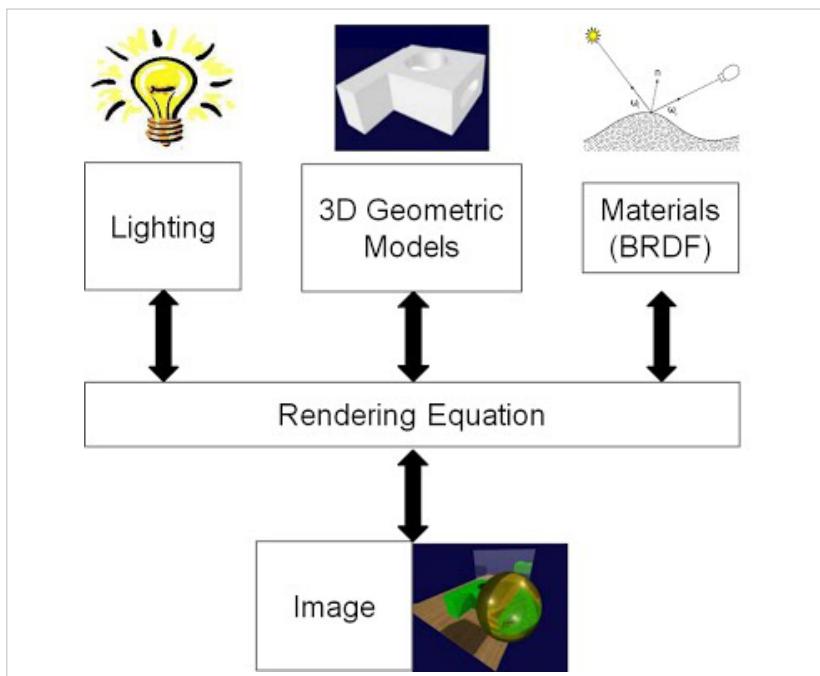


Figure 1. inverse rendering의 모식도

관련된 기존 연구들은 크게 두 카테고리로 나눌 수 있다. 하나는 조명 추출을 위한 장비들을 사용하여 직접 장면의 조명 정보를 얻는 것이다. 정확하게 조명을 뽑을 수 있다는 장점이 있지만 관련된 장비를 다루는 것이 쉽지 않아 기술 전문가가 필요하다는 점이 단점도 있다.

다른 한 카테고리는 촬영된 영상에서 조명 정보를 추출하는 것이다. Image-based inverse lighting이라고 불리는 이 기술은 렌더링 공식을 이용하여 영상에서 역으로 렌더링 요소들을 추출한다. 하지만 이 방식은 표면의 재질이나 조명의 성분에 따라서 ill-posed problem가 될 수 있다. 따라서 이 문제를 풀기 위해 기존 연구들은 수많은 제한 조건 하에서 조명을 추출하였다.

본 연구는 그러한 제한 조건을 완화하여 각종 재질, 노이즈, 형상의 모양 등에 강건한 조명 추출 방법을 제안한다.

기존 연구들은 diffuse reflection에서 잘 작동하는 것들이 많으므로, 본 방법에서는 영상을 diffuse reflection과 non-diffuse reflection으로 나누어 각각 다른 방법을 적용하여 조명을 추출한다. 아래는 본 알고리즘의 블록 다이어그램이다.

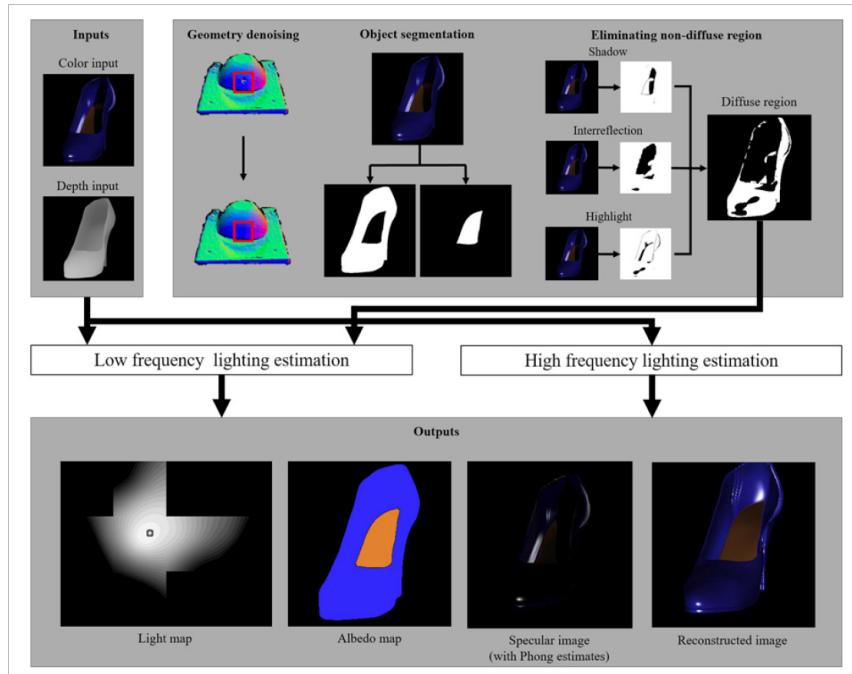


Figure 2. 본 알고리즘의 블록 다이어그램

위 알고리즘을 검증하기 위해 시뮬레이션 및 실제 데이터에 대하여 실험을 진행하였으며, 노이즈가 심한 실제 세계 데이터에 대해서도 잘 작동하는 것을 확인할 수 있었다. 측정된 조명을 활용하여 객체 삽입 실험도 진행하였으며 아래는 그 결과이다.

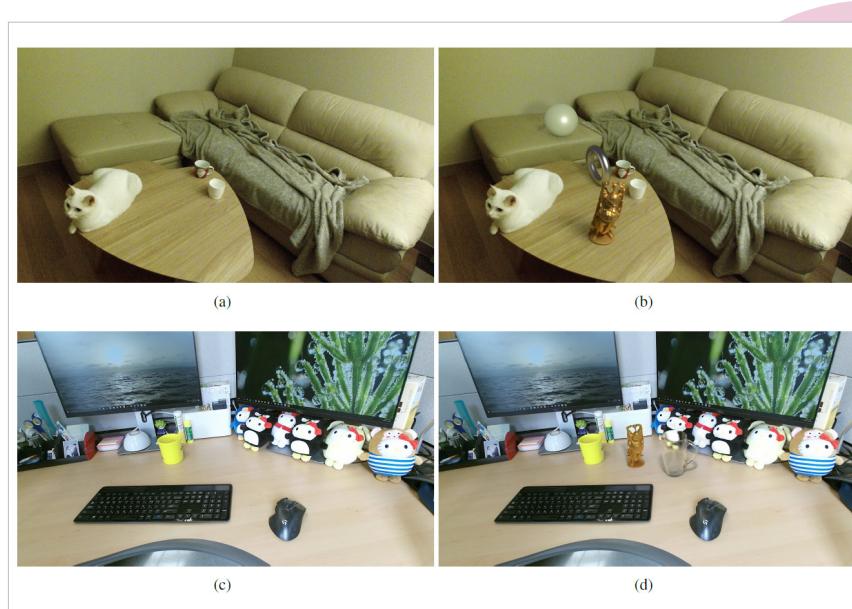


Figure 3. 객체 삽입 실험 결과

Booth No. 06

음향렌즈기반 초음파 카메라를 이용한 수중 3D point cloud 매핑

Underwater 3D point cloud mapping using acoustic lens-based sonar

I. ABSTRACT

This study proposes a 3D seafloor scanning method using sonar images obtained by acoustic lens-based multibeam sonar (ALMS). ALMS is a forward-looking sonar and is generally used to implement real-time acoustic vision for autonomous underwater vehicles (AUVs). ALMS is originally not a 3D sonar, and elevation information is eliminated when the 3D world maps to the 2D sonar image. The proposed method provides a unique analysis of sonar image geometry for extracting the missing elevation. Different from the conventional 3D reconstruction methods, the proposed method can be continuously executed regardless of the existence of any remarkable features in the sonar image, which means that the proposed method can scan the seafloor during fulltime AUV operation. Once the 3D seafloor data is obtained, the height of the seafloor can be used for the detection of suspected objects. Therefore, the proposed method enables long-range seafloor object detection, triggering succeeding processes involving the AUV approaching the detected object and the start of a detailed investigation at close range.

II. 3D LINE SCANNING

Assume that an object is located on the seafloor and that the ALMS device approaches the object. Figure 1(a) shows the situation in which the object is just beginning to appear in the sonar image.

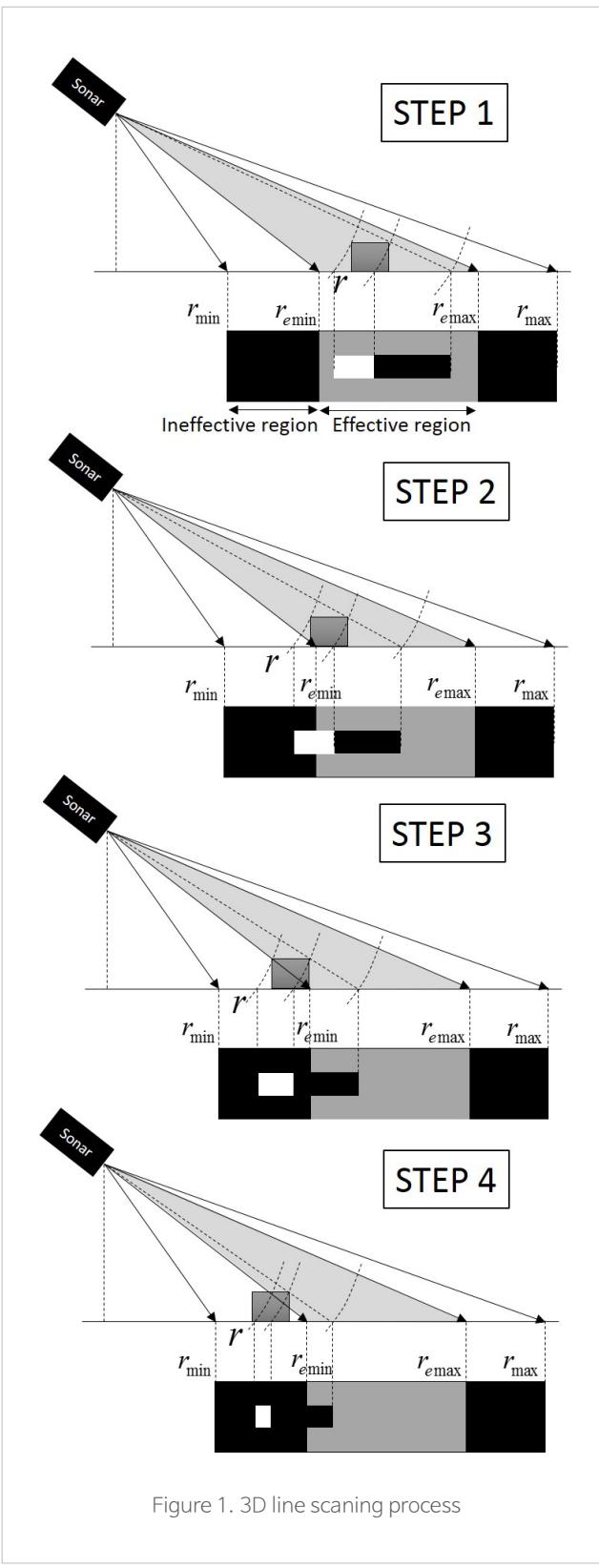


Figure 1. 3D line scanning process

In this image, the entire highlight region of the object is within the effective region.

Figure 1(b) shows the situation in which the ALMS approaches the object at a closer distance. In this situation, the highlight region of the object extends beyond the effective region. The surface of the object at which the acoustic reflection occurs is closer than r_{min} ; therefore, the highlight of the object is mapped to a closer range than the boundary between the effective and ineffective regions. In this paper, this situation is called highlight extension.

When the ALMS device moves further, the amount of the highlight extension increases, and eventually, the front part of the object meets one of the edges of the spreading acoustic beam of the FLS device, as shown in Fig. 1(c). In this study, this location is called the critical point.

Figure 1(d) shows the situation in which the front of the surface of the object passes the edge of the spreading acoustic beam of the ALMS device after the critical point. The amount of highlight extension is the same as the amount of highlight extension at the critical point because the front part of the object is outside the range of the spreading acoustic beam.

As long as the ALMS device moves in the forward direction, the ALMS must meet the critical point, and highlight extension will be constant after the critical point. The amount of highlight extension can be converted into the height of the object.

III. EXPERIMENT

Artificial reefs (Figure 2(a)) on seafloor were scanned by the proposed method during AUV operation. The AUV (Figure 2(b)) was equipped with DIDSON and captured successive sonar images of the seafloor at our experimental site. For each sonar image, a set of 3D line scan data is extracted by the proposed method, and a 3D point cloud of the seafloor can be generated.

As shown in Figure 3 and 4, the artificial reefs are recognized in the 3D point cloud map. Therefore, we claim that the proposed method is capable of generating seafloor shape information, and the 3D data can be used for object detection in AUV applications.

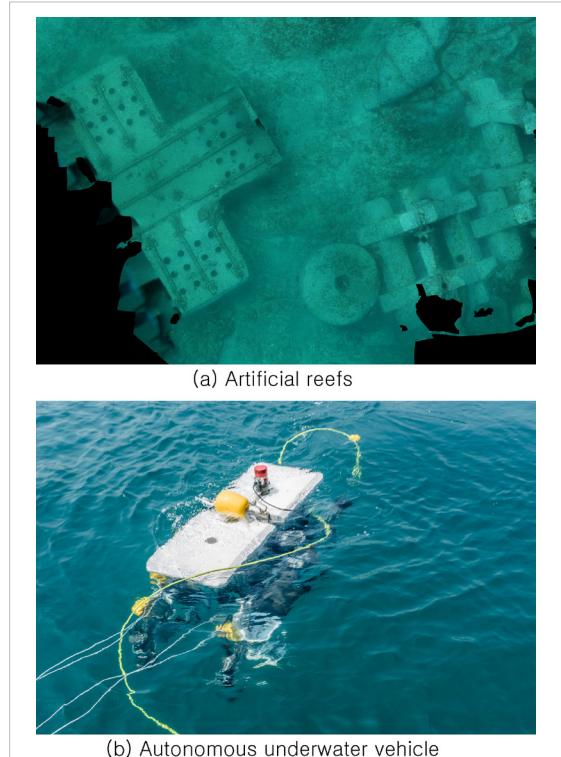


Figure 2. Artificial reefs and AUV at experiment site

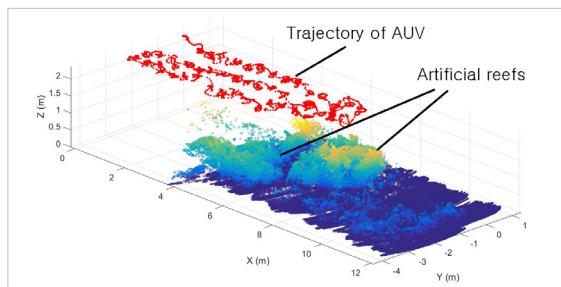


Figure 3. 3D point cloud of seafloor

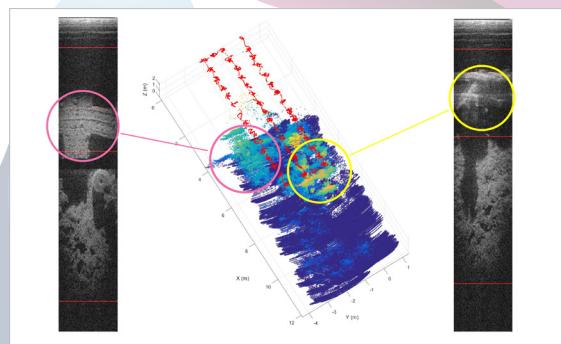


Figure 4. Comparison between 2D sonar image and 3D point cloud

Booth No. 7-1

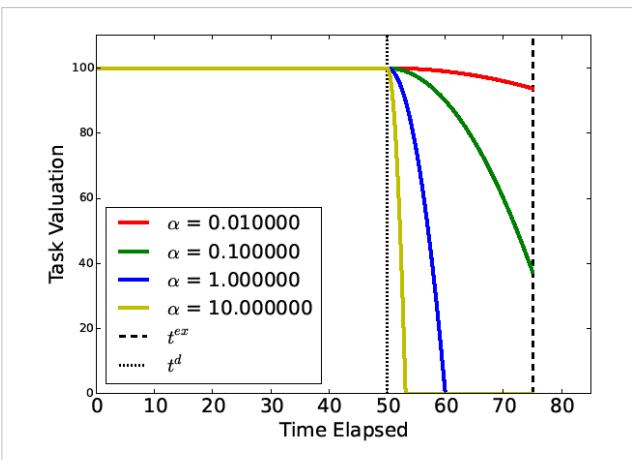
박리다매: 크라우드 소싱을 위한 새로운 인센티브 전략

Small Profits with Quick Returns: A New Practical Incentive Strategy for Crowdsourcing

현재까지의 크라우드소싱 시스템에서는 제공자들의 완벽한 시간엄수를 암시적으로 혹은 명확하게 가정한다. 하지만 현실적인 크라우드소싱 시스템에서는 모든 제공자들로부터 완벽한 시간엄수를 기대하기 힘들다. 현실에서는 각각의 제공자들이 크라우드소싱 임무에 대해서 다른 중요도를 가지고 있기 때문이다. 따라서 더욱 현실성 있는 크라우드소싱을 위해 우리는 각각의 제공자들이 서로 다른 수준의 시간 엄수도를 가지고 있는 시스템을 모델링한다. 또한 불완벽한 시간엄수에 따른 작업의 가치 감소를 모델링 하여 더욱 더 현실성 있는 크라우드소싱 시스템을 모델링 한다. 이러한 모델링에 기반하여 예측되는 사회복지 값을 다향시간 내에 최대화 하는 경매메카니즘을 제안하다. 시뮬레이션 결과는 제안된 메카니즘이 기존의 시간엄수도와 가치 감소를 고려하지 않은 메카니즘이보다 더 좋은 결과를 내는 것을 보여준다. 일반적으로 크라우드소싱 시스템은 하나의 플랫폼, 다수의 제공자들, 그리고 다수의 요청자들로 구성된 이중경매 (double auction) 형태를 가진다. 먼저 제공자들과 요청자들은 각각 판매자와 구매자의 역할을 한다. 플랫폼은 제공자들과 요청자들이 참여하는 이중경매의 경매인 역할을 한다. 즉, 판매자 역할을 하는 제공자들과 구매자 역할을 하는 요청자들을 목적에 맞게 연결해주는 기능을 가지고 있다. 현재까지 다양한 목적을 가지고 다양한 경매메카니즘들이 제안 되었지만, 하나의 현실성이 떨어지는 가정을 기반하고 있다. 현재까지의 크라우드소싱 시스템들은 암시적으로 혹은 명확하게 제공자들이 완벽하게 요청된 작업들의 기한 (deadline)을 엄수한다는 것이다. 이러한 완벽한 시간 엄수에 대한 가정은 현실적시스템 상에서는 보장하기 쉽지 않다. 왜냐하면 크라우드소싱이라는 개념 자체가 작업 자체를 비전문가들에게 위탁하는 것이기 때문이다. 즉, 제공자들에게 요청된 작업이 그들이 꼭 해야하는 작업은 아니라는 것이다. 따라서 제공자들이 요청된 작업에 가지는 우선도가 제공자 개개인에 따라 높을 수도 낮을 수도 있다. 또한, 이러한 불확실한 시간엄수에 따라 요청된 작업이 기한을 지나서 완료될 가능성이 생기게 된다. 따라서, 그에 따른 요청된 작업의 가치가 감소할 수 있게 된다. 이러한 불완벽한 시간 엄수와 잠재적인 요청된 작업의 가치 감소를 크라우드소싱 시스템에 반영하기 위해서, 우리는 새로운 크로우드소싱 시스템 모델을 제안한다.

1) 가치 감소 모델:

현실에서 많은 경우 기한을 넘길 시, 요청된 작업의 가치가 감소한다. 이러한 현상을 반영하기 위해서 우리는 다음과 같은 요청된 작업의 가치 감소 모델을 제안한다

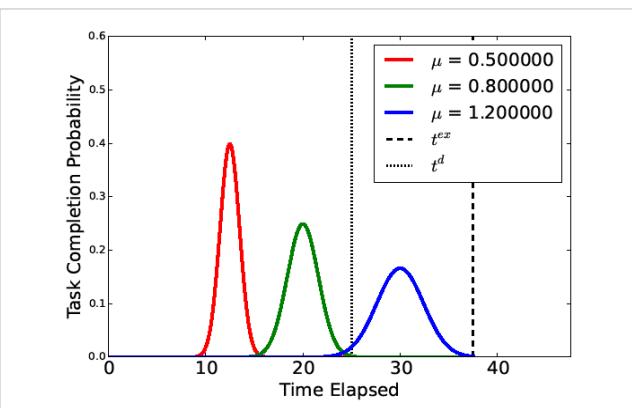


[그림1] 가치 감소 모델

그림.1은 기한이 50인 경우, 다양한 단위시간 당 감소비율에 따른 가치 감소를 보여준다. 단위시간 당 감소비율이 큰 경우 (노랑색), 기한을 지난 지 얼마 지나지 않아 작업의 가치가 0으로 감소하는 것을 확인할 수 있다. 반면에, 단위시간 당 감소비율이 적은 경우 (빨간색), 기한이 지난 지 꽤 오랜 시간이 지나더라도 요청된 작업의 가치가 기한 이전의 가치와 큰 차이를 보이지 않는 것을 확인할 수 있다. 각각의 요청된 작업에 따라 단위 시간 당 감소 비율이 상이 할 수 있기에, 우리는 감소 비율 값을 임의로 할당한다.

2) 시간엄수 모델

현대의 ICT 기술은 서비스 이용자들의 인터넷 상의 행동이 어떠한 패턴을 가지고 있는지 분석하여 해당 패턴에 맞는 서비스를 제공하는 수준까지 이르게 되었다. 따라서 우리는 크라우드소싱에 참여하는 제공자들의 시간엄수 패턴을 분석하여 이용할 수 있다고 가정한다. 제공자들의 현실속 불완전한 시간엄수를 모델링 하기 위해서 다음과 같은 시간에 따른 작업 완료 확률 분포 모델을 제안한다.



[그림2] 시간 엄수 모델

그림.2은 기한이 25인 경우 시간엄수 정도에 따른 각각의 제공자들의 시간에 따른 작업 마침 확률 분포도를 나타낸다. 시간엄수도가 높은 경우 (빨간색)에는, 제공자의 작업 마침 확률 분포가 기한 보다 이전에 위치한다. 반면에, 시간엄수도가 낮은 경우 (파란색), 제공자의 작업 마침 확률 분포가 기한 보다 뒤에 위치한다.

각 각의 제공자에 따라 시간엄수도가 상이 할 수 있기에, 우리는 시간 엄수도 값을 임의로 할당한다.

Proposed Auction Mechanism

제공자들의 불완전한 시간엄수와 이에 따른 요청된 작업의 가치 감소를 반영하기 위하여, 우리는 새로운 경매메카니즘을 제안한다. 제안된 경매메카니즘은 먼저 경매에서 제공자 집단과 요청자 집단으로부터 우승자들을 선정한다. 그 다음, 선택된 우승 제공자와 우승 요청자들을 사회복지 값을 이항시간 이내에 최대화 하는 방향으로 매칭 시킨다. 만약 플랫폼이 사회복지값을 시간에 관계없이 최대화 하려고 한다면, 그에 따라 소매될 시간은 NP-hard이다. 이는 현실속에서 바람직하지 않기 때문에, 이러한 매칭 과정을 이항시간 이내에 완료하기 위해서 플랫폼은 탐욕알고리즘 (greedy algorithm)을 사용한다. 탐욕 알고리즘을 통해 최적값에 근사한 사회복지값을 이를 수 있다. 그리고 플랫폼은 각 각의 제공자가 할당된 작업을 마칠 때, 해당하는 보수를 제공자에게 지급하고 요금을 요청자에게서 수령한다.

1) Winner Selection Step

```
Algorithm 1: Winning Requester Selection Algorithm
Input : R, K
Output: R*, Q
1 R* ← ∅;
2 while |R*| ≠ K + 1 do
3   r* ← arg maxrj ∈ R, √(rj) |Frj|;
4   R* ← R* ∪ {r*}; R ← R \ {r*};
5   if |R| = 0 then
6     break;
7   end
8 end
9 rth ← arg minrj ∈ R, √(rj) |Frj| bj;
10 R* ← R* \ {rth};
11 return R*, rth
```

```
Algorithm 2: Winning Provider Selection Algorithm
Input : W, K
Output: W*, P
1 W* ← ∅;
2 while |W*| ≠ K + 1 do
3   w* ← arg minwi ∈ W, √(wi) |Fwi| ai;
4   W* ← W* ∪ {w*}; W ← W \ {w*};
5   if |W| = 0 then
6     break;
7   end
8 end
9 wth ← arg maxwi ∈ W, √(wi) |Fwi| ai;
10 W* ← W* \ {wth};
11 return W*, wth
```

제안된 경매메카니즘에서는 참가하는 제공자들과 요청자들 중에서 승자 집단을 선택하기 위해서 탐욕 알고리즘을 사용한다. 탐욕 알고리즘은 이항시간 이내에 이상적인 답에 근사한 답을 찾아낸다. 승자 제공자들을 선택하기 위해 플랫폼은 각 각의 제공자들이 요구하는 보상 정도와 시간엄수 정도를 고려한다. 승자 요청자들을 선택하기 위해서 플랫폼은 요청자들의 입찰금액과 기한 이후 시간당 감소하는 가치 값을 고려한다.

2) Matching & pricing

각 각의 승자 제공자들과 요청자들을 고려한 후, 플랫폼은 제공자들과 요청자들을 매칭 시킨다.

제안된 경매메카니즘을 평가하기 위해서 우리는 제공자들의 불완전한 시간엄수와 요청된 작업들의 가치감소를 고려하지 않은 기존의 경매메카니즘과 사회복지 값, 플랫폼 이익, 요청자의 평균 이익, 그리고 제공자의 평균 이익을 비교한다. 두 메카니즘 모두 제공자들의 완전한 시간엄수를 보장할 수 없고 작업들의 가치가 기한을 지나면 감소할 수 있는 크라우드소싱 시스템에서 시뮬레이션을 진행하였다. 또한 크라우드소싱 시스템의 참가자들의 이성적인 행동을 반영하기 위해서, 요청자들과 제공자들이 더 많은 보상을 해주는 플랫폼을 선택할 확률이 높도록 모델링 하였다.

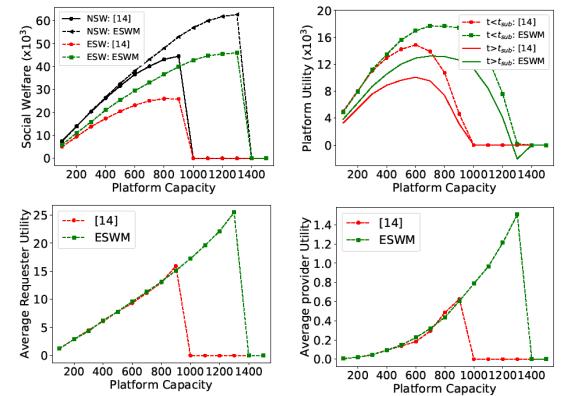
```
Algorithm 4: Matching Algorithm (MA)
Input : R*, W*, rth, wth
Output: Match, P, Q
1 Assume  $\frac{b_1}{\sqrt{w_1} |F_{r_1}|} \geq \dots \geq \frac{b_n}{\sqrt{w_n} |F_{r_n}|} \geq \frac{b_{th}}{\sqrt{w_{th}} |F_{r_{th}}|}$ ;
2 Assume  $\frac{a_1}{\sqrt{w_1} |F_{w_1}|} \leq \dots \leq \frac{a_n}{\sqrt{w_n} |F_{w_n}|} \leq \frac{a_{th}}{\sqrt{w_{th}} |F_{w_{th}}|}$ ;
3 Match ← ∅; Q ← ∅; P ← ∅;
4 qj ← 0,  $\forall r_j \in R$ ; pi ← 0,  $\forall w_i \in W$ ;
5 R*, W*, rth, wth ← TAI(R*, W*, rth, wth);
6 for (rj, wi) ∈ Match do
7   Match ← Match \ (rj, wi);
8   qj ← MatchAlgorithm(rj, wi);
9   qj ← max(qj,  $\frac{\sqrt{a_j} b_{th}}{\sqrt{w_{th}} |F_{r_{th}}|} |F_{r_j}|$ );
10  pi ← max(pi,  $\frac{\sqrt{a_{th}} b_{th}}{\sqrt{w_{th}} |F_{r_{th}}|} |F_{r_j}|$ );
11  Q ← Q ∪ {qj};
12  P ← P ∪ {pi};
13 end
14 return Match, P, Q
```

```
Algorithm 5: Pricing Algorithm
Input : Match, P, Q
Output: P', Q'
1 P' ← ∅; Q' ← ∅;
2 p'j ← 0,  $\forall r_j \in Match$ ;
3 p'i ← 0,  $\forall w_i \in Match$ ;
4 forall matchj = (rj, wi) ∈ Match do
5   tjsub ← wi's task submission time;
6   qj ← 'fee for rj' ∈ Q calculated before tjsub;
7   pi ← 'payment to wi' ∈ P calculated before tjsub;
8   p'j ←  $\frac{\sqrt{a_j} b_{th}}{\sqrt{w_{th}} |F_{r_{th}}|} q_j$ ; Q' ← Q' ∪ {qj'};
9   p'i ←  $\frac{\sqrt{a_{th}} b_{th}}{\sqrt{w_{th}} |F_{r_{th}}|} q_j$ ; P' ← P' ∪ {p'i'};
10 end
11 p'j ←  $\frac{\sqrt{a_j} b_{th}}{\sqrt{w_{th}} |F_{r_{th}}|} q_j$ ; P' ← P' ∪ {p'j'};
12 return P', Q'
```

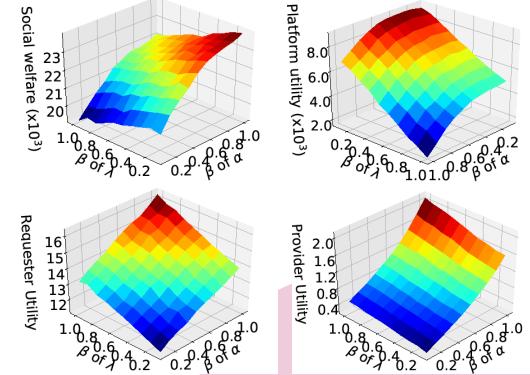
Simulation Result

그림.3은 기존의 경매메카니즘과 제안된 경매메카니즘의 성능 비교이다.

그림.4에서 관찰할 수 있듯이, 제안된 경매메카니즘은 사회복지 값, 플랫폼 이익에서 기존의 경매메카니즘보다 더 좋은 결과를 낸다. 또한, 더 많은 수의 작업 요청을 처리할 수 있다. 반면에 요청자의 평균 이익, 그리고 제공자의 평균 이익의 값은 같다.



[그림] 3 성능비교

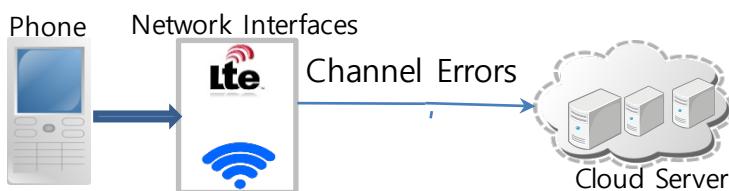


또한, 제안된 경매메카니즘은 메카니즘 내부의 파라미터를 조절하여 사회복지 값에 가중치를 둘지, 아니면 플랫폼의 이익 혹은 참가자들의 이익에 가중치를 줄지 선택할 수 있다. 이러한 파라미터 조정 기능은 플랫폼의 목표에 따라서 플랫폼의 기능을 조정시킬 수 있게 하여, 해당 플랫폼의 사용을 더욱 편리하게 한다. 그림.4는 다양한 파라미터 값에 따른 사회복지 값, 플랫폼의 이익, 요청자들의 평균 이익, 그리고 제공자들의 평균 이익을 나타낸다.

Conclusion

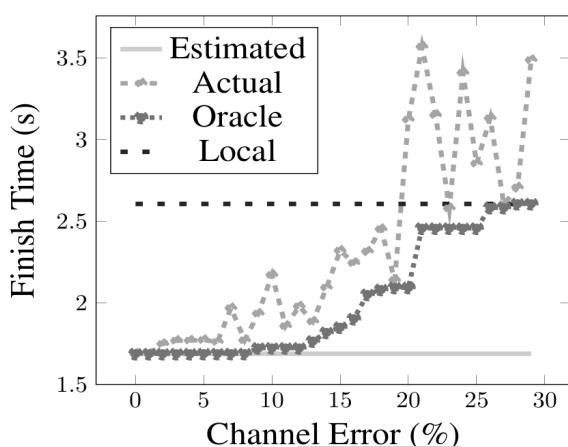
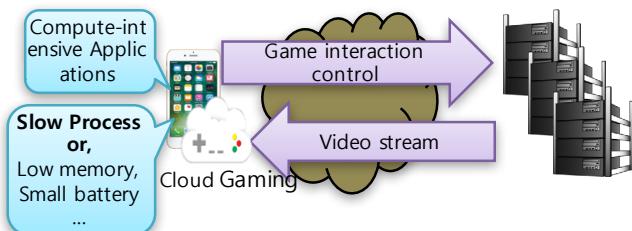
더욱 현실적인 크라우드소싱 시스템을 위해 우리는 크라우드소싱 시스템에서 제공자들의 이질적인 그리고 불완전한 시간엄수를 모델링하고 그에 따른 요청된 작업들의 가치감소를 고려하였다. 그러한 모델에 기반하여 사회가치를 이항시간내에 최대화하는 경매메카니즘을 제안하였다. 시뮬레이션 결과는 제안된 경매메카니즘이 현재까지 제안된 경매메카니즘과 비교하여 더 좋은 성능을 보이는 것을 확인해준다. 제안된 경매메카니즘을 이용하여, 작업의 완료가 기한에 민감한 분산계산 혹은 데이터베이스의 작업 분배에 적용할 수 있다.

Computation offloading is a technique of speeding up applications and saving time by sending a part of the applications to cloud servers from smartphones or IoT devices. Using offloading has shown to speed up execution of mobile applications, and save energy. However, a key problem associated with offloading is that wireless networks are usually unreliable. In this work, we looked at the problem of improving reliability of applications that are offloaded over such unreliable networks.



We illustrate with an example. We take a task graph with 100 tasks, where a task, representing a method in the application execution, can be offloaded to the remote cloud server for faster execution. Given each task's workload profile, and network parameters, an optimization solver computes the estimated time to finish execution. The graph shows a comparison of application finish time using four schemes: Estimated is the result of using an optimization solver with application and network profile as input, local computes without any offloading, actual is the result of offloading in practice due to channel errors, and an hypothetical solution (called oracle in the figure) assumes complete knowledge of channel errors. Compared to local execution, where no task is offloaded, an offloading scheme performs better. However, in practice, the channel error conditions can break the assumption about network parameters. In presence of varying channel errors, the actual result of offloading may not be as computed by an optimization solver. An oracle solution, with complete knowledge of channel errors, can indeed perform better.

Since the condition of the network is difficult to predict, a precomputed solution cannot possibly handle these types of cases. Thus, we need an algorithm executing at run-time. In this work, we show that it is still possible to provide probabilistic guarantees of faster than local execution while offloading tasks of wireless networks. We propose a heuristic that decides at run-time whether offloading can still provide sufficient reliability. If our algorithm finds it to be reliable, then



Our algorithm offloads to the cloud. If not, we execute the next sequence of tasks locally.

One of the key challenges here is handling the run-time changes in the network. The condition of the network channel can vary during the execution of an application. We show that it is computationally difficult to calculate the exact number of transmissions needed. However, using an approximation of a type of probabilistic inequality called Hoeffding's inequality, we show that we can get a close approximation of the number of transmissions. We prove both using theory and experiments that our method is efficient.

Our experiments using both simulation and real-data traces show that our heuristic is efficient while guaranteeing the required level of reliability. We measure the performance of our heuristic by measuring both the failure rate (defined as slower than local execution), and by the mean application finish time. We note that even for high channel errors, our Heuristic can guarantee reliable execution while also ensuring fast mean execution times. This shows that using a run-time heuristic as opposed to a precomputed solution using an optimization solver is more effective in practice.

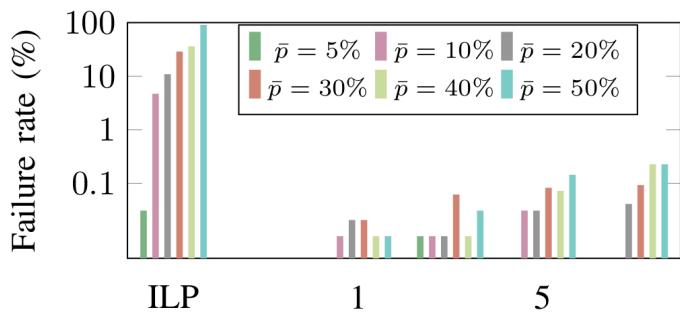


Fig 2: Comparison of failure rate of our heuristic at different reliability levels with a standard optimization technique. ILP is an optimization solver. p denotes the percentage of errors

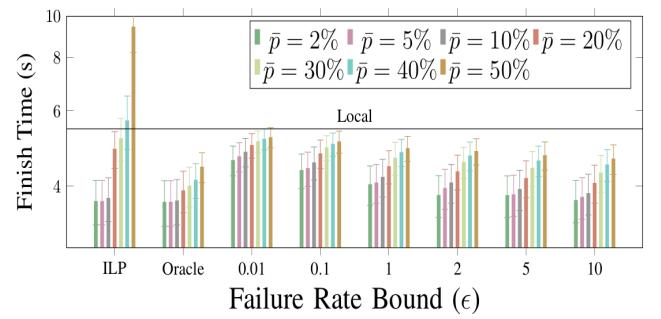


Fig 3: Comparison of the execution time of our heuristic at different reliability levels with a standard optimization technique. ILP is an optimization solver. p denotes the percentage of channel errors



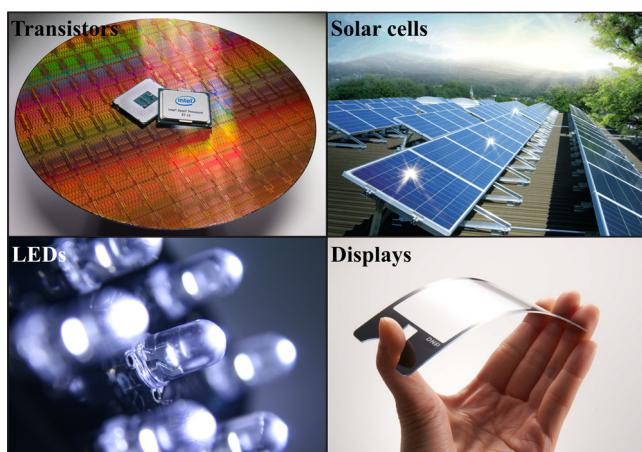
Creative ICT
Convergence
KOREA 2017

Booth No. 08

포토 리소그래피 및 에칭을 통합한 화학적 스템프

Catalytic Stamp Integrating Lithography and Etching

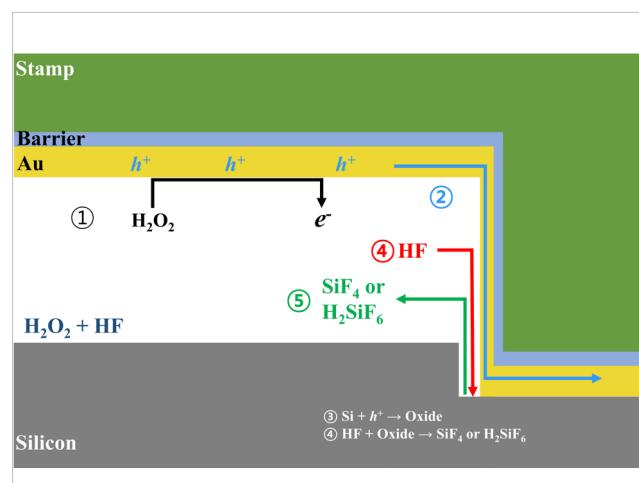
Si, GaAs등 반도체의 3차원 나노구조는 전자공학, 광학, 생명공학, 에너지공학 등 다양한 분야에서 응용되고 있다. 대부분의 3차원 나노 구조의 반도체는 포토리소그래피 공정과 건식 식각 공정을 통해 구현되며 오랜 기간 연구개발로 기술적인 성숙도가 높은 편이다. 그러나 리소그래피와 건식 식각 공정을 위한 비싼 장비구축 비용과 유지비가 요구된다. 또한 건식 식각 공정은 고에너지 플라즈마 이온에 의해 표면결함이 발생하여 소자에 적용했을 경우 형성된 표면결함에 의해 효율이 약화된다.



[그림 1] 3차원 나노 구조가 적용된 반도체 기반의 소자들

기존의 공정들을 대체하기 위해 다양한 방식의 리소그래피 및 식각법이 연구되어왔다. 나노임프린트 공정은 기존 포토리소그래피 공정의 대안으로 제안되어 왔지만 3차원 나노 구조를 구현하기 위해서는 건식 식각 공정이 뒤따라오게 된다. 건식 식각 공정을 대체하기 위해 금속촉매 화학식각법이 개발되었다. 금속촉매 화학식각법 (metal-assisted chemical etching)

은 반도체 기판 위에 금속 패턴을 올린 후 산과 산화제로 구성된 식각액에 담그면 반도체, 금속과 식각액이 반응하여 금속패턴이 반도체 기판을 파고 들어가면서 3차원 나노구조가 형성된다. 그러나 촉매로 주로 귀금속인 금, 은 등이 사용되고 금속 증착 및 제거 공정과 금속패턴 형성을 위한 리소그래피 공정이 필요로 하여 공정 비용과 단계를 획기적으로 절감하기 어렵다.



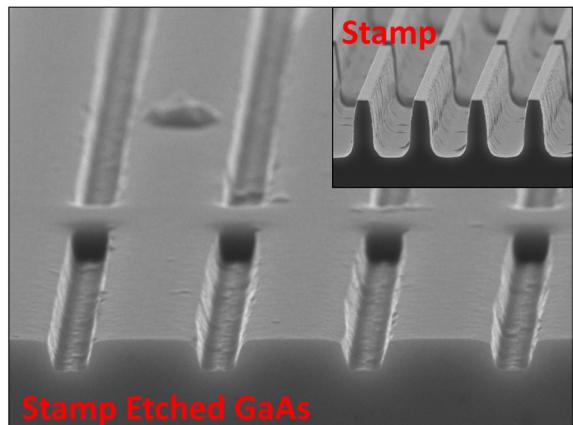
[그림 2] Si 스템프 식각 원리

본 연구진은 반도체의 3차원 나노구조를 저비용 공정으로 구현하기 위해 나노임프린트 공정과 금속촉매 화학식각법을 접목시킨 스템프 식각법을 개발하였다. 표면이 금속으로 덮인 3차원 나노 구조로 구성된 스템프를 산/산화제로 구성된 식각액 안에서 반도체 기판에 찍으면 스템프의 금속촉매에 의한 화학반응에 의해 스템프의 금속과 접촉된 부분의 반도체가 식각이 되면서 3차원 나노 구조가 형성된다.

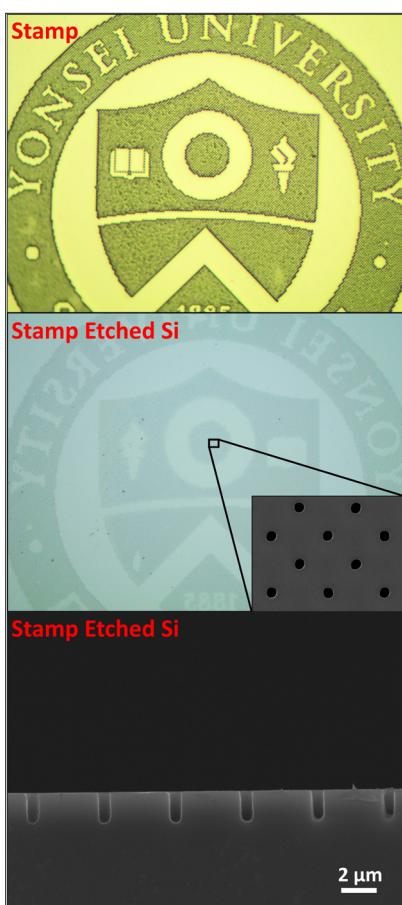


[그림 3] 스템프 식각 공정 과정 모식도

[그림 2]는 스템프 식각의 원리를 보여준다. 산과 산화제로 구성된 식각용액 안에서 스템프와 반도체가 접촉시 산화제가 금속과 반응하여 정공을 형성하고, 형성된 정공이 금속내부를 통해 반도체와 접촉된 부분으로 이동하게 된다. 금속과 접촉된 부분의 반도체는 이동된 정공에 의해 산화되고, 산화된 반도체는 산에 의해 제거가 된다. 이러한 과정의 연속적으로 반복을 통해 반도체의 식각이 이루어지면서 스템프의 3차원 구조가 반대의 형태로 반도체 기판에 구현된다. 예를 들면, pillar 구조의 스템프를 가지고 스템프 식각을 할 경우, 반도체 기판에는 hole 구조가 형성되고, bar 구조의 스템프의 경우, 반도체 기판에 trench 구조가 형성된다. 사용된 스템프는 재사용이 가능하여 동일한 구조를 하나의 스템프로 여러 번 제작이 가능하여 간단하게 나노구조의 반도체를 제작할 수 있게 된다.



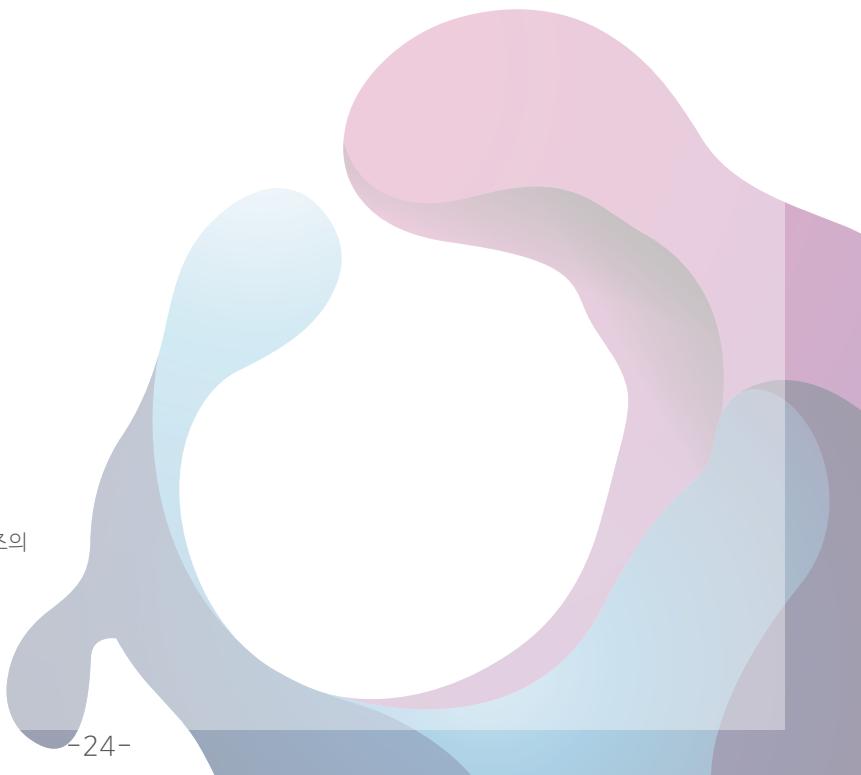
[그림 5] Bar array 구조의 스템프 및 스템프를 통해 제작된 trench array 구조의 GaAs의 전자현미경 이미지



[그림 4] 스템프 및 스템프 식각을 통해 제작된 hole array 구조의 Si의 광학현미경 및 전자현미경 이미지

본 연구진은 Si와 GaAs 기판에 스템프 식각을 통해 hole, trench array 등 다양한 형태의 3차원 나노 구조를 구현하였다. [그림 4], [그림 5]는 스템프 식각을 통해 trench, hole 등 다양한 패턴을 Si와 GaAs에 구현한 것을 현미경 이미지로 보여준다.

본 연구진은 간단하게 반도체 기판에 3차원 나노구조를 구현할 수 있는 스템프 식각법을 개발하였고, 현재 높은 종횡비를 가지는 3차원 나노 구조를 구현 및 스템프의 재사용을 통한 3차원 나노 구조 반복제작에 관한 연구를 진행중이다. 스템프 식각법을 통해 포토리소그래피 공정없이 반도체의 3차원 나노 구조를 제작할 수 있으며, 동일 패턴을 반복해서 제작할 수 있어 공정 단순화 및 비용을 획기적으로 절감할 수 있다.



Booth No. 9-1

10음계 음악의 창작

Creation of Music in 10 Tone Equal Temperament

Introduction

Pythagoras is a pioneer in the investigation of mathematical properties of music. He found that the perfect fifth (3:2) ratio between two notes creates a harmonic sound [1]. Thus, he developed ‘the Pythagorean scale’ constructed from a perfect fifth ratio between notes. After him, many approaches to tune the notes in octave have come up including meantone temperament and well temperament [2]. However, unequally tuned notes made musicians unable to modulate the keys in music pieces and this led the development of tone equal temperament (TET) [2]. The 12 tone equal temperament is widely used in western music. As an alternative to 12-TET, microtonal music has been developed. However, for musicians, it was hard to play the narrowly divided notes. Our interest is in developing a well-defined 10-tone equal tuning system to enhance composers’ creativity and providing new artistic experiences to the audience. We are currently creating music based on it and developing an app.

Analysis of 10-TET

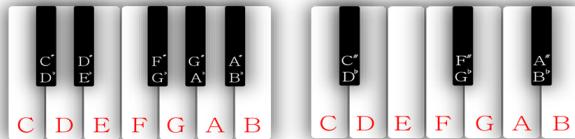
Table 1: Analysis of 10-TET

Name	Power of 2	Frequency	Ratio w.r.t C	Interval w.r.t C	Cent
1 C	0.0	1	1:1	Perfect Unison	0
2 C# Db	0.1	1.071773		Minor 2 nd (semitone)	120
3 D	0.2	1.148698	7:8	Major 2 nd	240
4 E	0.3	1.231144	4:5	Major 3 rd	360
5 F	0.4	1.319508	3:4	Major 4 th	480
6 F# Gb	0.5	1.414214	5:7	Augmented 4 th / Diminished 5 th	600
7 G	0.6	1.515717	2:3	Major 5 th	720
8 A	0.7	1.624505	5:8	Major 6 th	840
9 A# Bb	0.8	1.741101	4:7	Augmented 6 th /Diminished 7 th	960
10 B	0.9	1.866066	7:13	Major 7 th	1080
11 C	1.0	2	1:2	Perfect Octave	1200

Except for the second note, the frequency ratio of every note with respect to root C in 10-TET can be expressed in a simple integer ratio (Table 1 column 5) which is the condition to create a consonant sound. Since we have only ten notes in one octave, musicians will manage to learn how to play in 10-TET quickly compared to the microtonal temperament system. Furthermore, only one note, F#/Gb (600 cent), in 10-TET’s pitch matches with a note in 12-TET. Thus, audience can enjoy eight exotic sounds given in our system.

Keyboard Arrangement

Figure 1: 12-TET Keyboard (left) and 10-TET Keyboard (right)



We divided keys into black and white to construct the piano keyboard for 10-TET. This is a modification of the tuning system by Scala software [3]. To develop the major and minor scales, we named G# and Bb in Scala to A and A#, respectively. Without this modification, the order of sharps and flats discussed later does not work properly. Conventionally, notes in the C major scale are white because C major is most frequently used and this scale has only natural keys without any sharp or flat [4]. To construct the C major scale, we need to examine the frequency ratio of notes with respect to C. In Table 1, intervals with respect to root C were named major when they have simple integer ratios. Otherwise, it is named as minor. Notes that have major interval relationships with C (C, D, E, F, G, A, B) are included in the C major scale. However, to adjust the number of white keys to match with 12-TET, we considered C to upper sixth (F#/Gb) and ninth (A#/Bb) notes as minor intervals, even though they have small whole number ratios. Note that the C major scales in 12-TET and 10-TET consist of the white keys in

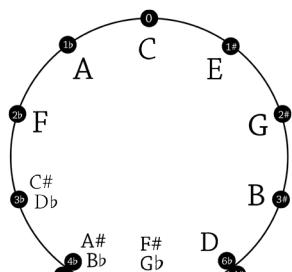
Circle of Thirds

Table 2: Order of Sharps and Flats

	#	♭
1	F	D
2	A	B
3	C	G
4	E	E
5	G	C
6	B	A
7	D	F

Figure 1. Since the numbers of white keys in 12-TET and 10-TET are the same, we can use the conventional five-line staff when composing songs in 10-TET.

Figure 2: Circle of Thirds



After establishing the rule for constructing a major scale for all ten notes in our music system, we can investigate the order of sharps and flats (Table 2) by examining the pattern of accidentals in each scale. For example, the E major scale consisting of E-F#-G-A-B-C-D-E according to our formula, has one sharp on the F note. How about the scale with two sharps? The G major scale consisting of G-A#-B-C-D-E-F#-G has two sharps, with the second sharp added to note A. By following Figure 2 in the clockwise direction, we can see that if a music piece in 10-TET has three sharps, then it has sharps on the F, A, and C notes in this order in key of B; the flats are added in the reverse order of sharps (counterclockwise).

In Figure 2, we created a circle arranged in an interval of thirds with neighboring keys. We can include all ten notes by ascending thirds, starting from note C. Only the intervals of semitone, major third, major sixth and major seventh can create the circle including all the notes. This is because elements of the cyclic group in the binary operation of addition modulo 10 are 1, 3, 7, 9.

The circle of thirds is useful when transposing keys in music. If a musician wants to play a piece in the B key other than the original key in C, then we all transpose chords in the original piece by going up three clockwise in the circle of thirds.

Conclusion

We can integrate music theory with mathematics by studying the new music system. Possible consequences may include the discovery of exotic music systems, a renaissance within the music industry.

Triad Chords

Table 3: Possible Interval-Class Vector of Triads

1	(0,1,1,0,1)	5	(0,1,0,2,0)
2	(1,0,0,1,1)	6	(0,0,2,1,0)
3	(1,0,1,1,0)	7	(0,2,0,1,0)
4	(1,1,1,0,0)	8	(2,1,0,0,0)

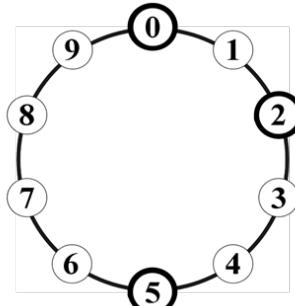
Figure 3: C major triads



Triad is one of the chords consisting of three notes. To analyze possible triads in 10-TET, we use the pitch-class set to identify notes; we name the ten notes starting from 0 to 9 in ascending order and consider the same note in other octaves identical to the original note. Thus, the pitch-class set 2 is a set of notes D in any octave. An interval-class vector is a minimum interval between two pitch classes: $\min\{(x-y), (y-x)\} \bmod 10$, where x and y are pitch classes [1]. There are eight possible triad chords in 10-TET. All the possible triad chords are listed in interval-class-vector form in Table 3.

An interval-class vector of 10-TET is 5-tuple, and each digit represents the frequency of interval class 1 through 5. For example, interval-class vector (a, b, c, d, e) means that the frequencies of interval lengths 1 (semitone), 2 (major 2nd), 3 (major 3rd), 4 (major 4th) and 5 (augmented 4th/diminished 5th) are a, b, c, d and e, respectively.

Figure 4: (0,1,1,0,1)



This can be explained alternatively. For a triad consisting of 3 notes $[x,y,z]$, where $0=x < y < z < 10$, the intervals are $\min\{(y-x), 10-(y-x)\}$, $\min\{(z-x), 10-(z-x)\}$ and $\min\{(z-y), 10-(z-y)\}$. For example, if $[x,y,z]=[0,4,7]$, then $(4-0)=4$, $10-(7-0)=3$ and $(7-4)=3$, and this yields the interval-class vector of $(0,0,2,1,0)$ —Case 6. If $[x,y,z]=[0,2,5]$, then $(2-0)=2$, $(5-0)=5$ and $(5-2)=3$, and this yields the interval-class vector of $(0,1,1,0,1)$ —Case 1.

Figure 4 represents a triad of interval-class vector $(0,1,1,0,1)$. This triad has a total of three intervals with lengths 2, 3, and 5 each. We can mark three in the circle of 10 notes, and transpose all three notes with the same interval and generate more triads in this interval-class-vector form.

References

- [1] Clendinning, J. P., & Marvin, E. W. (2016). Chapter 6, 36. In The musician's guide to theory and analysis (Third ed.). New York: W.W. Norton & Company.
- [2] Daniel A. Steck, Musical Temperament, available online at <http://steck.us/teaching> (revision 0.2.3, 24 November 2015)
- [3] Huygens-Fokker Foundation. Scala (Version 2.40v) [Computer software]. Retrieved from <http://www.huygens-fokker.org/scala/downloads.html>
- [4] Garland, T. H., & Kahn, C. V. (2010). Math and music: harmonious connections (pp. 36–38). Palo Alto, CA: Dale Seymour Publications.

Booth No. 10

초소형 비행체를 위한 새로운 전방향 깊이 감지 방법

A Novel Omnidirectional Depth Perception Method for Multi-rotor Micro Aerial Vehicles

연구진 소개 및 연구 목표

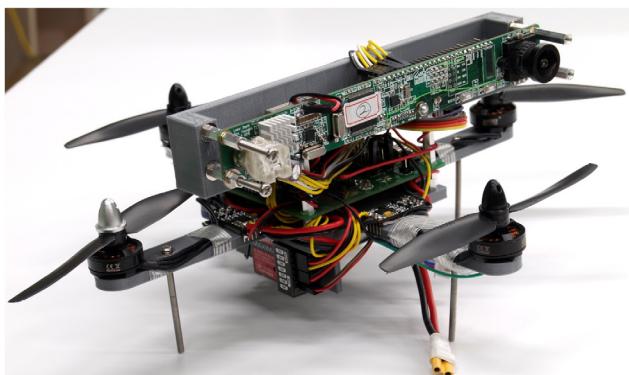
본 연구진은 최근 각광받고 있는 초소형 무인비행체의 최신 연구 방향인 자동화, 자율화 및 실용화 등에 대한 여러 연구를 진행하고 있다.

구성원

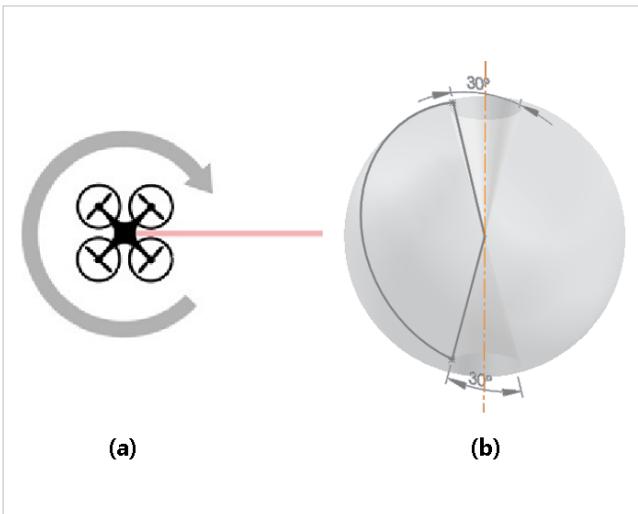
포항공대 전자공학과 지능로봇연구실 오세영 교수 및 대학원생 1명, 창의IT융합공학과 컴퓨팅 및 제어 연구실 한수희 교수 및 대학원생 9명

개요

멀티로터 드론은 사용 편의성 및 유지보수의 간편함을 가지면서도, 헬리콥터와 비슷하게 정지 비행이 가능하며 어떤 방향으로든 움직일 수 있는 등의 여러 장점을 두루 갖추고 있다. 이를 통해 멀티로터 드론은 영상 촬영, 취미 활동 등에 있어 성공적으로 상용화되고 있는 추세에 있다. 하지만 자율화 기술의 부재라는 장벽으로 인해 경비, 군사 및 농업 등 다른 여러분야에 대한 적용은 아직까지는 실험적으로 진행되고 있는 상황이며, 기존 자율 이동로봇 연구에 기반한 다양한 방법들이 연구되었으나 입체적으로 움직일 수 있다는 드론의 큰 장점을 이용하지 못하는 실정에 있다.



[그림 2] 제안 내용 검증을 위해 구현된 시험용 비행체



[그림 1] (a) 제안 내용의 개념 (b) 측정 구역 모사도

이러한 문제를 해결하기 위해서는 기본적으로 비행 중 실시간으로 주변 전 방향의 3D 입체 구조를 인식하는 방법이 필요하다. Kinect 등의 RGB-D 센서를 여러 개 탑재하거나, LIDAR를 지속적으로 회전시키는 방식 등 최근 연구되는 방식들이 대표적이다. 하지만 이러한 액티브 센서에 기반한 연구들은 모두 비행체의 크기와 무게가 증가한다는 단점이 존재하였다. 일반 카메라 등 패시브 센서에 기반한 방법들은 시스템 크기를 줄일 수 있다는 장점이 있으나, 3D 구조 인식 성능의 한계 및 주변광에 대해 민감하다는 큰 단점이 존재한다.

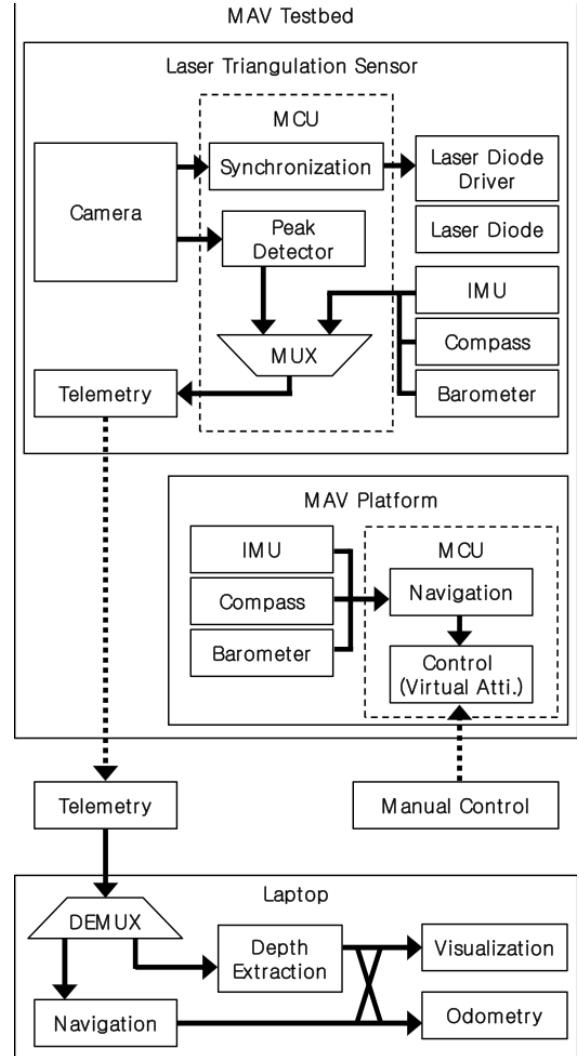
본 연구에서는 이러한 기존 연구들에 대한 단점을 극복하기 위해, 그림 1과 같은 새로운 방식을 제안하였다. 상기한 멀티로터 드론의 특성 중 하나인 heading에 상관없이 어느 방향으로든 이동이 가능하다는 점을 활용하여, 본 연구진은 지속적으로 yaw축에 대해 회전하는 드론 플랫폼에 기반한 액티브 구조광 기반의 전방향 3D 구조 인식 기술을 제안하고 실증하였다(그림 2). 수직 면에 대해 거리를 측정하는 센서를 yaw 축에 대해 지속적으로 회전시킴으로써 전 방향에 대한 거리를 얻을 수 있으며, 단일 센서를 드론 몸체에 고정함으로써 소형화 및 고신뢰성의 달성이 가능하다.

초소형 드론에 최적화된 본 개념의 실증을 위해, 본 연구진은 (1) 초소형 드론을 위한 직선형 레이저 거리 센서를 개발하고, (2) 지속적인 yaw 회전 시 발생 가능한 제어 문제에 대한 대책을 설계하였다.

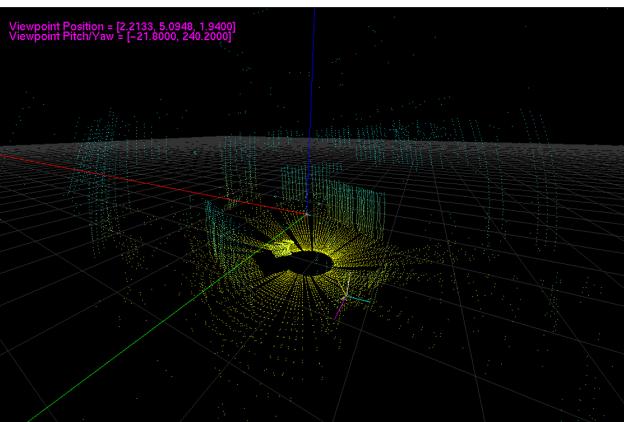
직선형 레이저 거리 센서는 거리에 따라 발생하는 시차(parallax)의 분석을 통한 거리 측정 매커니즘을 사용한다. 좌안(眼)에 배치된 카메라 및 우안에 배치된 라인 레이저 모듈로 구성되며, 일반적인 산업용 라인 레이저 거리 측정 센서와 동일한 방식으로 작동한다. 카메라 이미지가 초당 303프레임씩 온보드 MCU로 전송되며, subpixel 수준의 peak 검출을 통해 depth 측정이 가능하다.

지속적인 yaw 회전에도 불구하고 사용자 및 유도 알고리즘이 정상적으로 드론을 조종할 수 있게 하기 위해 가상 yaw 개념을 적용하였다. 또한, 고정된 yaw 회전 속도를 통해 특성화 가능한 향법/모터 드라이버 latency를 해결할 수 있는 복합적인 input shaping 기법이 설계되고 구현되었다.

전체 시스템은 종합적인 평가를 위해 그림 3과 같이 구성되었으며, 연구실에 있는 자체 개발 연구용 MAV Platform을 확장하여 구성되었다. 라인 레이저 센서에서 추정된 peak 정보 및 각종 센서 정보가 PC로 전송되어 시각화 및 localization 시험에 사용되었다. ICP 기반의 간단한 localization 응용 시험(그림 4)에서 본 testbed는 2분간의 비행 동안 평균 0.13m의 오차를 보였으며, 이는 각종 자율 비행 드론 연구에 사용하기에 매우 충분한 수치이다. 앞으로 본 연구에 기반한 다양한 자율 비행 드론 연구가 나오기를 기대한다.



[그림 3] 개념 실증을 위해 구현된 Testbed 의 전체 블록 다이어그램



[그림 4] 포항공과대학교 C5 지하 드론 실험장에서의 Testbed 비행 시험(좌) 및 전방향 깊이 측정 결과(우)

Booth No. 11

몸 내부에 금속이 있다면: CT에서의 금속음영영상 왜곡 보정

Metal Artifact Reduction in CT using Beam Hardening Prior Image

CT와 금속영상 왜곡...

현재 CT는 100년이 넘는 역사를 가지고 있으나, 아직까지도 의료영상 촬영 장비 중 없어서는 안 되는 매우 중요한 장비이다. 2018년 전세계 CT 시장 규모는 약 59억\$ 이상으로 추정되고 있고 우리나라에서도 1000억 원 이상의 매우 큰 시장을 가지고 있어 앞으로도 매우 가치가 높은 시장임을 알 수 있다.

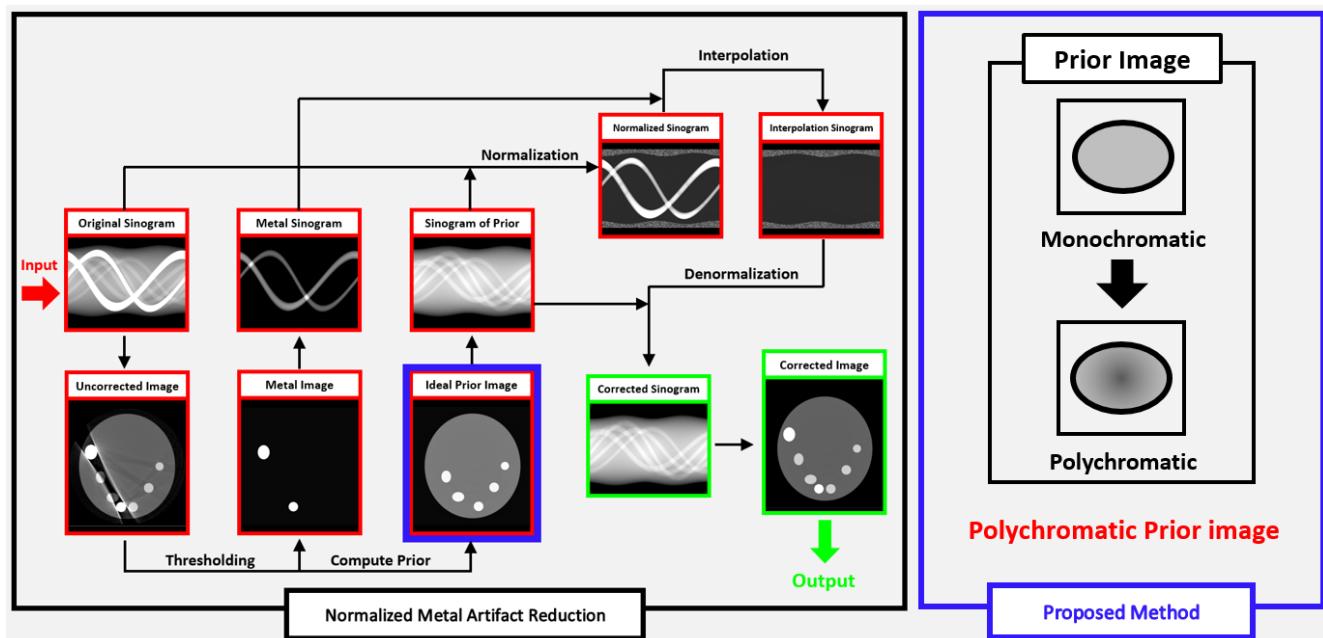
CT의 정확한 의미는 Computed Tomography의 약자로 컴퓨터 단층촬영을 뜻한다. CT의 목적은 물체를 파괴하지 않고 그 내부를 촬영하는 비파괴검사로, 이를 위해 X-ray라는 투과성이 매우 뛰어난 스펙트럼 대역을 사용한다. 이러한 CT는 몸 내부의 물질들이 X-ray 투과성이 서로 다른 것을 이용하여 그 내부의 물질을 알아낸다. 이때 금속은 몸 내부의 뼈나 장기, 일반 세포들과는 달리 X-ray 투과성이 매우 높은 특징을 가지고 있는데 이러한 특성으로 인해 촬영하는 부위에 금속이 있을 경우에 영상에 큰 왜곡이 발생하게 된다.

금속영상 왜곡보정

이러한 금속으로 인한 영상왜곡을 줄이기 위하여 여태까지 매우 다양한 방법들이 개발되어져 왔다. Sinogram 보간법, 반복 보정법, 통계적 보정법, 필터링 보정법 등 여러 방법들이 개발되어져 왔는데 이중 가장 쉽고 편하게 이용하는 방법이 Sinogram 보간법이다.

Sinogram 보간법 중 현재 가장 널리 쓰이고 있는 Normalized Metal Artifact Reduction (이하 NMAR)이라는 방법이 있다. 이 방법은 Prior Image라는 영상을 이용하여 정규화, 역 정규화 단계를 거쳐 더욱 정교한 보간을 하는 것으로 기존의 다른 방법보다 매우 뛰어난 효과를 가져왔다.

NMAR에 사용되는 Prior image는 기존의 왜곡이 있는 영상에서 정보를 추출하여 생성한다. 이때 원래의 soft tissue 부분은 하나의 값으로, bone의 부분은 그 값을 유지하여 생성한다. 하지만 이와 같은 경우 soft tissue와 bone의 beam hardening effect를 적절히 표현할 수 없고, 이에 의해 금속 왜곡의 보정을 정확히 할 수 없다는 단점이 발생한다.

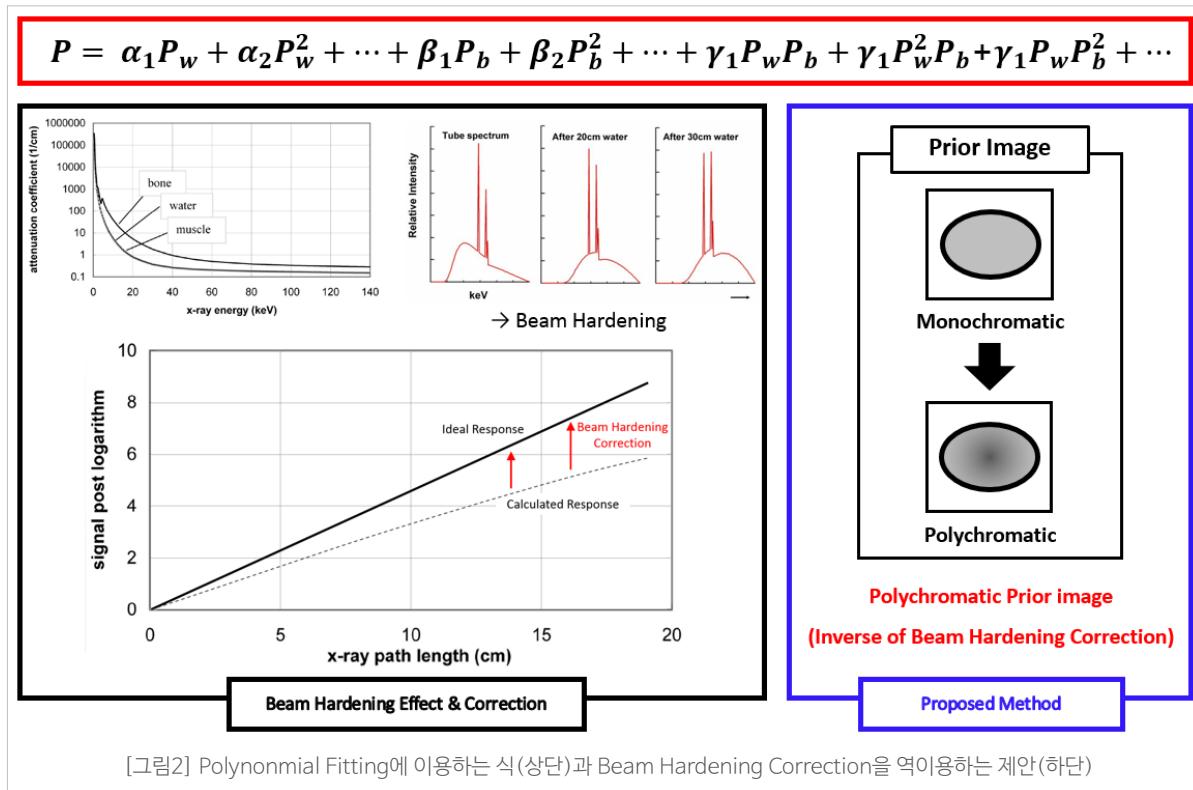


[그림 1] Normalize Metal Artifact Reduction (NMAR)의 도식도(좌)와 제안하는 연구의 테마(우)

제안하는 연구

따라서 제안하는 연구는 추출된 Soft tissue와 Bone의 영역을 이용하여 Beam hardening effect가 존재하는 Polychromatic prior image를 생성하여 이용하는 것이다. Polychromatic prior image를 생성하는 방법은 여러 가지가 존재할 수 있는데 본 연구에서는 Beam hardening effect를 제거하는 방법을 역으로 이용하여 생성해 주는 방법을 사용하였다.

일반적으로 Beam Hardening artifact는 Polychromatic spectrum에서 촬영하였을 경우 에너지 대역 별로 감쇠계수가 다르기 때문에 발생하게 되는데, 이로 인해 영상에 실제 값보다 어둡게 음영이 생기게 된다. 가장 일반적으로 사용하는 보정 방법은 그 값을 Polynomial fitting을 이용해 Monochromatic 조건에서 촬영을 하였을 경우와 같은 영상을 보정하는 것이다. 위 방법을 역이용한다면 추출한 Soft tissue와 Bone 영역을 Polynomial fitting을 통해 거꾸로 Polychromatic한 효과를 나타내게 만들어 주는 것이 가능하다.



제안하는 연구의 효과

제안한 방법을 이용하여 Prior image를 만든다면 기존의 NMAR과 비교하여 beam hardening에 의한 효과를 고려하였기 때문에 원본 이미지와 더욱 유사하고 정확한 Prior image를 만들 수 있다. 이는 NMAR을 적용시킬 경우 정규화가 더 정확하게 이루어진다는 뜻이고 이로 인해 보간 단계에서 더 정확한 보정이 이루어지게 된다. 이는 결과적으로 전체 복원 영상에서 Beam Hardening에 의한 효과를 더 획기적으로 제거할 수 있게 하고 이를 통해 금속 왜곡을 더욱 효과적으로 지울 수 있게 한다.

치아교정을 위한 금속 물질 삽입이나 임플란트, 인공장기 및 인공 구조물 삽입 등 실제로 많은 경우에 금속을 포함한 채로 CT를 촬영해야 한다. 이와 같은 경우 금속에 의한 영상왜곡을 피할 수 없다. 제안한 방법과 같이 금속에 의한 영상왜곡을 효과적으로 제거할 수 있다면, 영상화질의 개선으로 인한 정확한 진단을 유도할 수 있고 같은 화질 대비 저선량으로 영상을 촬영할 수 있게 되어 환자에 의한 피폭량 감소효과 또한 얻을 수 있다.

Booth No. 12

운전자보조시스템을 위한 객체검출 및 인식기술

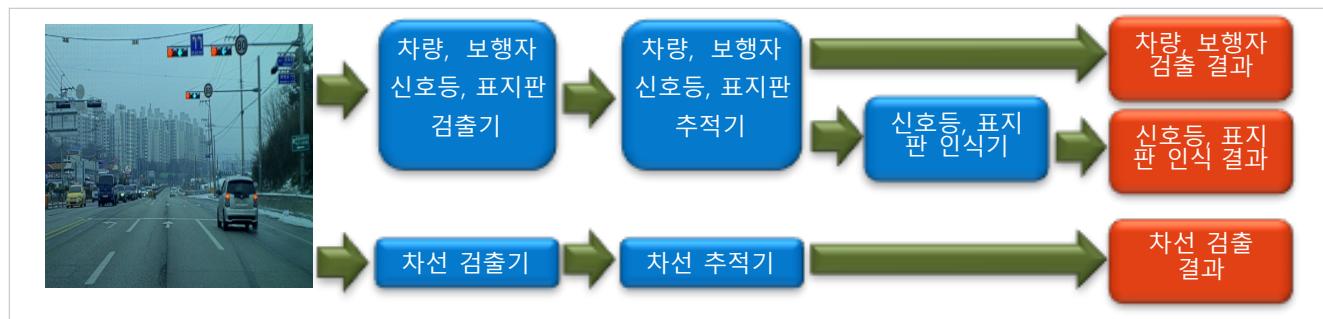
Object Detection and Recognition for Advanced Driver Assistance System (ADAS)

연구 소개

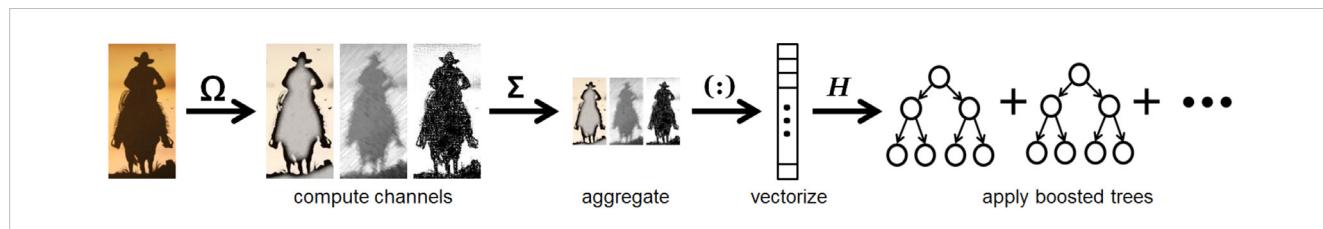
운전 중 발생할 수 있는 안전사고 예방을 위한 Advanced Driver Assistance System (ADAS) 기술은 사람의 안전과 직결된다. 그래서 사람들에게 지속적으로 관심을 받아오고 있으며, ADAS기술에 대한 연구 및 개발은 필수적이다. ADAS에서 가장 중요한 기술인 자동차, 보행자, 차선 검출 그리고 표지판, 신호등 검출 및 인식 기술들을 연구한다.

연구 내용

1. 전체 구조도



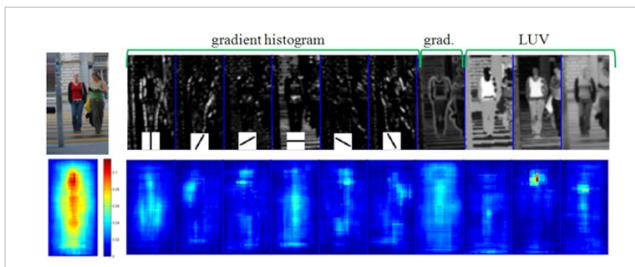
2. 차량, 보행자, 표지판, 신호등 검출 및 추적 기술



[그림1] 검출 알고리즘 구조도

2.1. Fast ACF기반 객체 검출

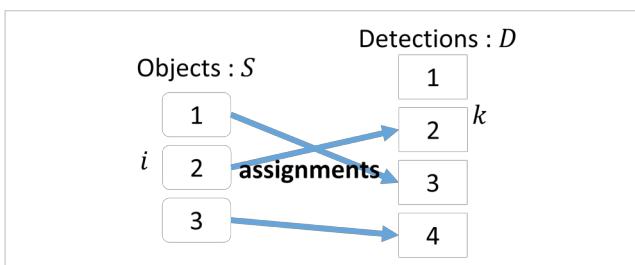
- 이미지의 10개의 채널(Normalized Gradient Magnitude, Histogram of Oriented Gradients (6 Channels), LUV Channels)에 대해서 블록 단위로 다양한 크기로 구분하여, 각 블록의 값을 더하는 Aggregated Channel Features (ACF)를 기반으로함
- 기존 방법에서 발생하는 Gradient나 Color의 급격한 변화에 대해 강인하고 빠른 검출기를 위해, 블록내 Channel을 값을 2 pixel마다 더하여 Feature를 계산
- 여러 개의 Decision Tree를 조합한 Boosting Classifier를 사용하여 빠르고 정확한 검출



[그림2] ACF 계산에 사용되는 채널

2.2. 객체 추적

- 검출 결과와 추적 객체간 Association을 통한 Multi-Object 추적 기술 구현
- Appearance Cost와 Overlap Cost를 이용해 Association Cost 정의
- 검출 결과를 바탕으로 추적중인 객체와의 Association 수행
- 프레임간 Detection과 Association 결과들을 이용해 Missing Object Restoration



[그림3] Multi-object 추적

3. 표지판, 신호등 인식 기술

검출 및 추적을 통해 얻은 결과를 이용한 표지판, 신호등 인식 기술 개발

3.1. 표지판 인식

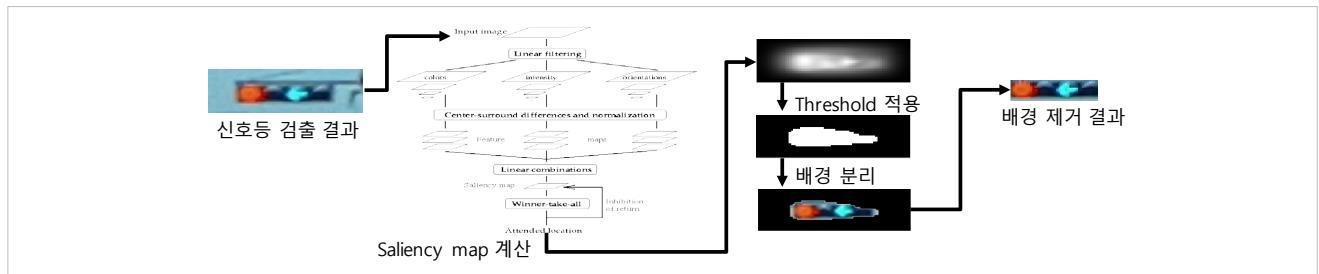
- Histogram Oriented Gradient (HOG)을 이용한 Feature 생성
- 다양한 배경에서의 속도 제한 표지판과 유사 표지판을 학습하여 오인식 방지
- 여러 프레임에 걸쳐 인식 결과를 Voting 하여 오인식 보정
- 속도 제한 표지판은 다른 종류가 한번에 나타나지 않음으로, 한 종류가 인식될 경우, 추적을 통해 지속적인 인식



[그림4] 표지판의 HOG Feature

3.2. 신호등 인식

- Saliency Map을 계산해 이미지내 각 영역의 두드러지는 정도를 판별하여 threshold에 따라 두드러지는 영역(신호등)과 그 외 영역(배경)을 분리



[그림5] Saliency map 기반 배경 제거

- YUV 이미지의 U,V 성분의 분포를 분석하여 녹색 신호와 그 외 신호 구분
- HSV 이미지의 Hue 성분을 분석하여 적색과 황색 신호 구분
- 신호등 이미지의 U, Y, Hue 성분들의 분포를 Concatenation한 Feature를 SVM Classifier로 학습 및 인식
- 같은 녹색인 좌회전 신호와 직진 신호는 Color Histogram 형태를 이용해 인식

4. 차선 검출 및 추적 기술

규칙 기반 차선 검출 및 추적 기술 개발

4.1. 차선 검출

- 미리 정의된 Region of Interest(RoI) 마스크와 Blur 필터 적용후 Canny Edge 알고리즘을 이용해 Edge 검출



[그림6] RoI Edge 영상

- Hough Transform을 이용해 모든 Line을 검출하고, 검출된 Line들의 Slope 정보를 이용하여 차선이 아닐 확률이 높은 Line들을 제거 후 좌측 차선 또는 우측 차선으로 분류
- 검출된 좌, 우 차선 중 안쪽에 가장 가까운 최대 n개의 차선 후보들에 대해 RANSAC을 이용해 Robust한 Line Equation 추정



[그림7] 좌측 및 우측 차선 후보

4.2. 차선추적

- 최종 검출된 좌차선과 우차선을 이용하여 vanishing point 계산
- Vanishing Point가 특정 범위에서 벗어날 경우 오검출으로 분류
- 검출된 차선이 오검출이거나 검출된 차선이 없으면 가장 최근에 검출되었던 차선 정보를 이용

● 결론 및 기대 성과

- ADAS에 필수 기술인 자동차, 보행자, 차선 검출 그리고 표지판, 신호등 검출 및 인식에 30 ~ 70fps의 높은 처리 속도를 보였으며 검출 및 인식 결과는 90 ~ 95%로 정확도 높은 결과를 보였다.
- 이 기술을 기반으로, 도로 위에서 검출 및 인식되어야 할 다른 객체들까지 연구 범위를 확장 시킬 수 있으며, 나아가 ADAS에 기술 발전에 큰 역할을 할 것을 기대한다.



[그림8] 안쪽 차선 검출 결과 및 Vanishing Point

Booth No. 13

미세유체공학과 마찰전기발전기를 융합한 자가발전이 가능한 액체 검출 센서

Self powered triboelectric sensor with microfluidic system for detection of liquids

Introduction

Triboelectric nanogenerator (TENG) is an energy harvesting device that converts the external mechanical energy into electricity by a conjunction of triboelectrification and electrostatic induction. This new type of nanogenerator, firstly demonstrated in Prof. Zhong Lin Wang's group, continues to evolve. TENG is a physical process of converting mechanical stimulus to an electric signal through the triboelectrification and electrostatic induction process. Recently, TENG shows the potential for self-powered application. TENG has been studied to serve as a self-powered active sensor, because it does not need an external power source to drive. We propose the sensing platform integrated microfluidics and TENG. This sensor shows the maximum voltage 5 ~ 70 V depending on the liquid type without an external power.

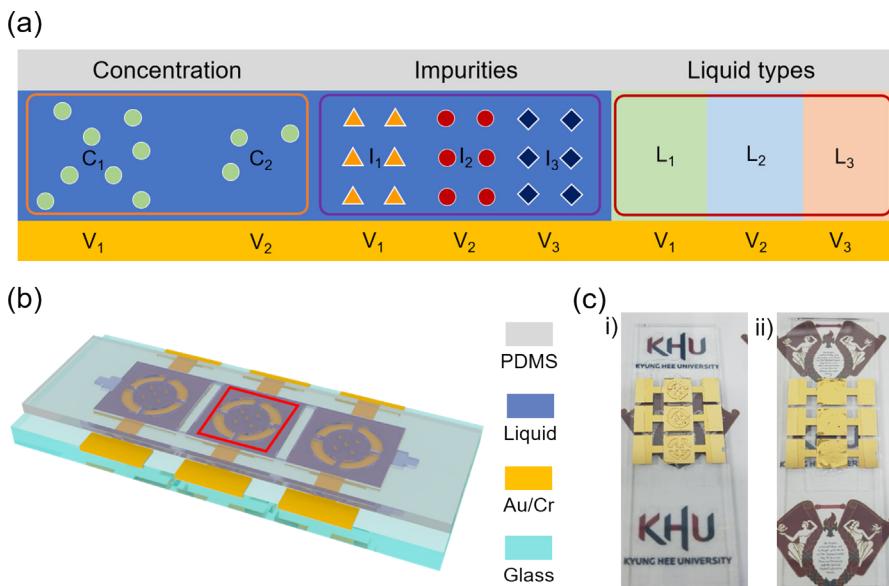


Figure 1. Conception of a microfluidic system integrated TENG device: (a) Considerable variables of M-TENG. (b) 3D schematic of a microfluidic system integrated TENG. (c) Photograph of the fabricated M-TENG device (i) before and (ii) after liquid injection.

Conception and Structure of M-TENG

The main conception of a microfluidic system integrated TENG (M-TENG) is based on triboelectric behavior with change of permittivity. When the triboelectric materials have high permittivity, the output voltage could decrease. Basically, the permittivity is one of the electrical material properties. It is hard to change the permittivity without chemical or thermal treatment. In composite materials, the permittivity changed and formed an effective permittivity that is determined by fraction of composed materials. In solid-liquid composed case, the effective permittivity could be controlled with chemical concentration, types of impurities in liquid, and liquid types as shown in figure 1a. From this manner, we developed solid-liquid composite film based on microfluidic system and checked the possibility of application on chemical sensors.

The M-TENG is composed of Four parts with microchannel patterned PDMS, injected liquid, Au for electrode and glass as a substrate as shown in figure 1b. The basic fabrication is based on the MEMS process. The fluid is injected from the end of PDMS microchannel and trapped inside of the microchannel. The entire device has length of 38 mm and width of 12 mm. The thickness of PDMS film was about 250 μm and thickness of microchannel is controlled to be 125 μm . The size of active area was 28.26 mm^2 which is determined by size of tip. The liquid is smoothly injected into microchannel without bubbles or voids as shown in figure 1c.

Mechanism and Results of M-TENG

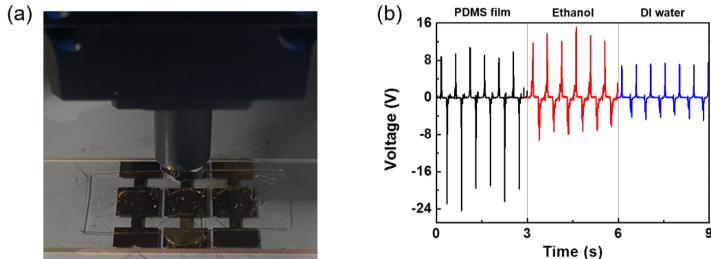


Figure 2. Output voltage of vertical contact–separation mode based M-TENG; (a) Photograph of experiment setup of M-TENG. (b) Comparison of output performance of M-TENG with PDMS film and different liquids.

After injecting the ethanol, the measured voltage is decreased about 2.8 times than PDMS film. When injecting DI water in the microfluidic channel, the voltage was 5 V that 5 times lower than pristine PDMS film. This phenomenon could be explained with governing equation of TENG and permittivity change of composite film shown in equation 1, 2

$$\text{Equation 1: } V = -\frac{Q}{S\varepsilon_0} \left(\frac{d_2}{\varepsilon_{r2}} + x(t) \right) + \frac{\sigma x(t)}{\varepsilon_0}$$

$$\text{Equation 2: } \varepsilon_z = (1 + \eta) \left(\frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_2 + \eta \varepsilon_1} \right)$$

As shown in equation 1, the voltage could be decreased with increment of permittivity of dielectric materials. We considered the fluid injected PDMS film as a composite film and calculated the effective permittivity by utilizing an equation 2. Since the triboelectric capacitance is originated on the surface of triboelectric materials, we only considered the effective permittivity in thickness direction. We assumed that the composite film consists of two parallel plates of PDMS and fluid with different thickness because of a bridge structure in active area. First of all, we calculated the effective thickness of PDMS and the result was 189.9 μm . From this result, we could determine the thickness ratio of PDMS and fluids, and finally calculate the theoretical effective permittivity of PDMS–liquid composite film. In the case of ethanol injection, the effective permittivity was 3.59 which 1.56 times higher than pristine PDMS. When injecting DI water in the PDMS channel, the calculated permittivity was 3.74 which 1.63 times higher than PDMS film.

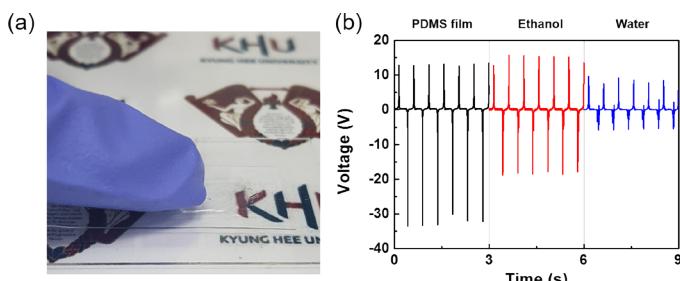


Figure 3. Single electrode mode based M-TENG (MS-TENG) and its output performance; (a) Photograph of finger driven MS-TENG. (b) Output voltage of MS-TENG with PDMS film and different liquids.

Figure 3b shows the output results of MS-TENG with different liquids at contact frequency of 2 Hz and contact load of 5 N. The main trend was same as vertical contact–separation mode. The maximum voltage was about 33 V in the case of PDMS film. The output performance was proportionally decreased with liquid injection. In this case, the device could be utilized as multi-functional sensor such resistance, photonic, and triboelectric sensor to detect the liquids.

We utilized pushing tester to measure the output voltage of fabricated M-TENG as shown in figure 2a. The aluminum was used as counter triboelectric material and top electrode. We controlled contact frequency from 2 Hz to 5 Hz and contact load from 5 N to 15 N with 3 steps. In figure 2b, we compared the output performance at contact frequency of 2 Hz and contact load of 5 N. The highest absolute value of 25 V was achieved with PDMS film which does not have any microfluidic channels.

We fabricated the fully transparent M-TENG based on single electrode mode (MS-TENG) as designated in figure 3a. The aluminum was selected as a counter triboelectric material and attached on the experiment glove. The movement of trigger finger was main driven motion to generate the triboelectric effect. To make the fully transparent device, we used the ITO as an bottom electrode.

Booth No. 14

HMD 기반의 virtual multi-screen 디스플레이 시스템

HMD-based virtual multi-screen display system

연구 목표

본 연구는 HMD의 가상환경을 통해 다수의 대형 디스플레이 시스템을 대체하고, 나아가 사용자와의 interaction이 가능한 가상 다중 스크린 디스플레이 시스템의 개발을 목표로 한다.

개발 시스템 개요

본 연구는 가상 다중 스크린 디스플레이 시스템으로 여러 스크린을 사용하는 다양한 환경에 적용 가능하다. 먼저 본 시스템은 HMD 전면에 부착된 카메라를 통해 HMD를 쓰지 않은 상태처럼 바깥이 보이는 see-through 배경을 생성하고 다양한 입력 영상을 카메라로부터 받아 가상의 다중 스크린을 가상 공간 내에 생성한다. 그리고 HMD의 다양한 센서로부터 사용자의 위치 및 시점을 분석하여 사용자와의 interaction이 가능하게 한다. 또한 HMD 전면에 부착된 leap motion camera를 통해 사용자의 손동작을 인식하여 screen의 이동, 확대, 축소 등의 다양한 조작을 가능하게 한다.

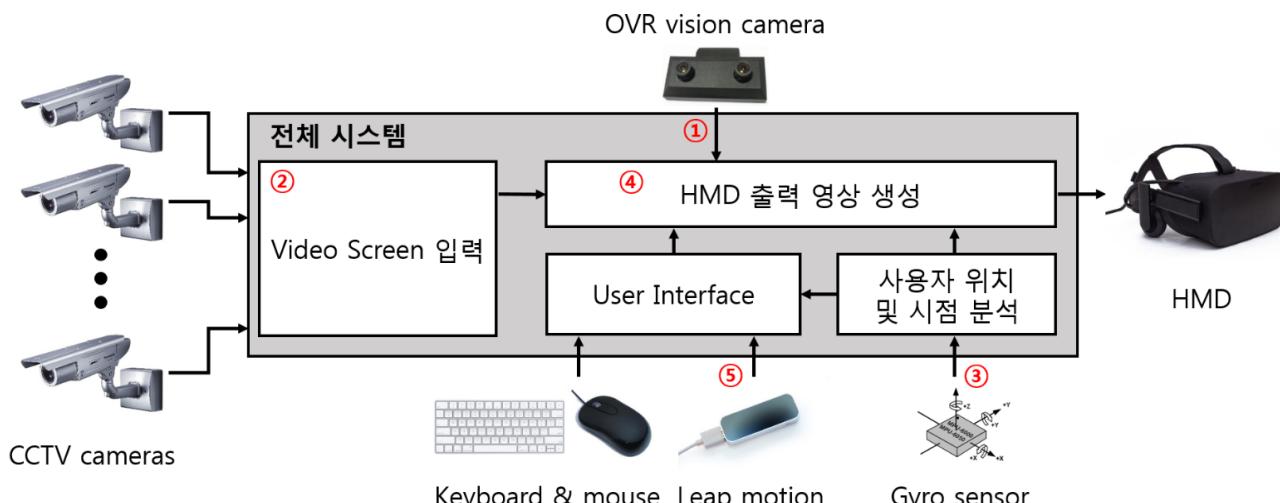
연구의 필요성

IT 기술이 일상 생활에 접목이 된 후 방대하게 증가하는 이미지 정보의 양에 비하여 패널의 크기나 해상도의 향상은 상대적으로 크지 않은 편이다. 이에 따라 다양한 이미지 정보를 동시에 표현할 수 있는 multi-screen 디스플레이 시스템의 사용이 필요하게 되었다.

과거에는 기관용 관리 시스템 이외에는 다양한 데이터의 디스플레이가 필요한 경우가 많지 않았으나, 최근에는 다양한 목적으로 개인 사용자들도 다수의 모니터를 사용하는 경우가 흔해지게 되었다. 하지만 전통적인 multi-screen 디스플레이 장치는 물리적으로 넓은 공간을 필요로 한다. 이러한 물리적인 한계로 인하여 multi-screen 디스플레이 장치들의 배치에도 제한이 많고, 한 번 설치된 디스플레이 장치들을 재배열하는 등의 관리 또한 어렵다. 본 시스템은 이런 한계들을 극복할 수 있는 HMD 기반의 virtual multi-screen display를 개발하고자 한다.



[그림 1] 연구의 필요성

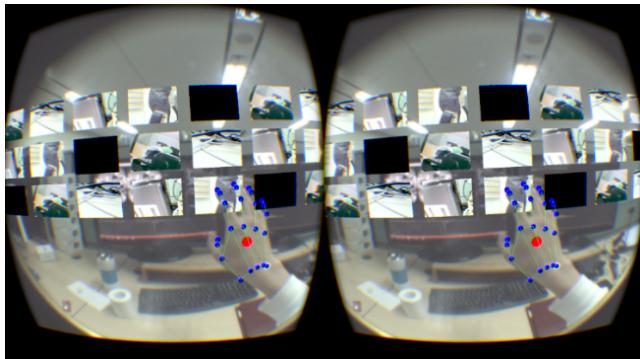


[그림 2] 개발 시스템의 구조

시스템 개발 내용

1) See-through 기능

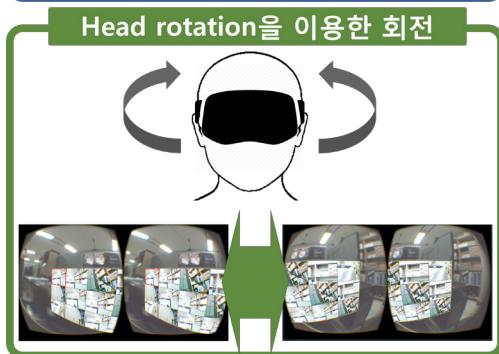
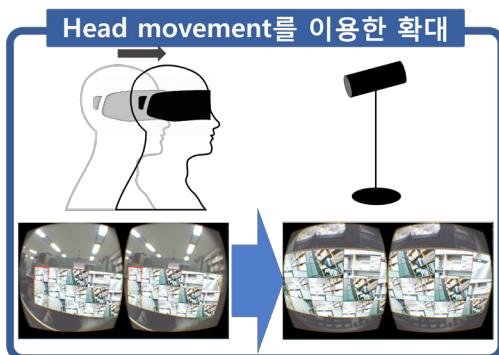
HMD 외부에 부착한 카메라를 통해 입력 받은 외부 영상을 HMD 내의 가상 환경의 배경으로 출력함으로써 마치 HMD 를 쓰고 있지 않은 듯한 환경을 제공할 수 있게 된다.



[그림 3] See-through 환경

2) 사용자 위치 및 시점 흐름을 통한 연속적인 화면 전환

HMD 내의 다양한 센서를 통해 얼굴의 회전 정도를 측정하여 가상 환경에서 연속적인 화면 전환 기능을 구현하였다. 자이로 센서로부터 사용자 얼굴의 회전 정도를 입력 받아 이에 맞는 가상 스크린의 위치를 HMD 내에 출력해주게 된다.



[그림 4] 얼굴 회전 정도 인식을 통한 화면 전환 기능

3) 손 동작 인식 기능

사용자 interaction이 가능하도록 사용자의 손 동작을 인식하여 명령을 수행할 수 있는 기능을 구현하였다. Hand detection과 tracking 기술을 사용하여 사용자의 손과 손 동작을 인식하여, 가상 스크린의 이동, 확대, 축소 등의 조작을 수행할 수 있게 된다.



[그림 5] 사용자 interaction을 위한 손 동작 인식

4) MFC를 이용한 초기 설정 기능

Microsoft Foundation Class를 이용하여 사용자가 초기 설정을 하는 기능을 추가하였다. HMD 외부 카메라가 없거나, 가상 스크린의 크기, 위치 등을 조절하고자 하는 사용자를 위해 설정 환경을 제공하였다.



[그림 6] MFC를 이용한 초기 환경 설정

관련 주요 성과

- 국제 SCI급 저널 9편
- 국외 학회 논문 21편
- 국외 특허 출원 1편
- 국내 특허 등록 1편, 출원 1편

Booth No. 15

X선 CT에서의 닷 카운팅 기반의 전방 투사 프로젝터 연구

Dot Counting Forward Projector for X-ray CT Imaging

Introduction

CT(Computed Tomography)는 1972년에 처음으로 상업적 목적으로 EMI Scanner가 개발되었고, 1979년에 그 공로를 인정 받아 노벨 생리 의학상을 수상할 만큼 널리 사용되었다. 그 이후로 CT에 관련하여 스캔 속도와 영상 복원 속도를 증가시키는 방향으로 많은 연구가 이루어졌다. 하지만 최근에 들어서 CT 영상을 촬영함에 있어 환자가 많은 양의 방사선에 노출된다는 점을 감안하여 최대한 적은 X선을 사용하여 CT 영상을 얻고자 하는 방향의 연구가 활발히 진행되고 있다. 저선량의 X선을 사용하여 스캔하였을 때, 최소한의 손실로 영상을 복원하기 위해 소프트웨어적으로 반복적 복원 방식이 제안되었다. 반복적 복원 방식의 사용으로 복원된 영상의 품질은 굉장히 향상되었으나, 반복적 복원 방식에서 사용되는 여러 번의 전방 투사 과정에서 소요되는 계산 시간이 매우 길다는 단점이 있었다.

본 연구에서는, 쉽게 GPU를 이용한 병렬화가 가능한 새로운 방식의 전방 투사 알고리즘을 제안하여 반복적 복원 방식에서의 병목현상을 해결하고자 한다. 새로운 알고리즘은 이상적인 전방 투사 방법을 사용하여 얻은 sinogram과 복원 영상과의 MAE(Mean Absolute Error)를 통해 성능을 정량적으로 평가하였다.

Algorithm

닷 카운팅 알고리즘은 전방 투사에 의한 Line Integral을 구하기 위한 하나의 방법으로, X선이 지나는 위치에 일정 간격으로 점을 배치한 후, 점의 개수를 세는 것으로 각 픽셀을 거치는 X선의 길이를 계산한다. Fig1은 기존에 사용하던 전방 투사 알고리즘을 나타낸 그림이고, Fig2는 닷 카운팅 방식의 전방 투사 알고리즘을 나타낸 그림이다. 기존에 사용하던 알고리즘은 각 픽셀을 나누는 격자선과 X선의 교차점을 모두 찾아서 그 사이사이의 거리를 직접 계산하는 방식이지만, 닷 카운팅 알고리즘은 한 픽셀 내부의 점 개수를 세는 것만으로 길이를 계산할 수 있기에 병렬 처리 기법에 적용하기 한층 더 수월하여, 빠르게 계산이 가능하다.

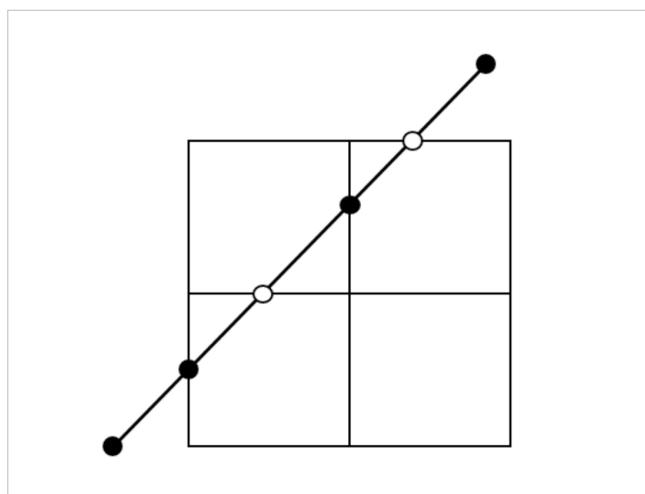


Fig1. 기존 알고리즘의 모식도

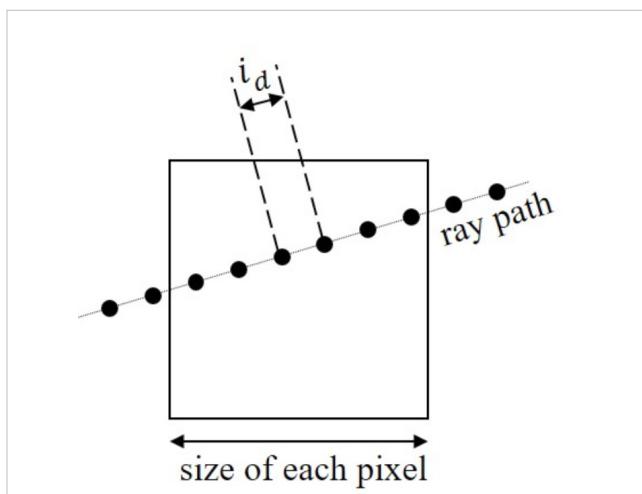


Fig2. 닷 카운팅 알고리즘의 모식도

Results

Fig3은 닷 카운팅 방식의 전방 투사 프로젝터를 이용하여 생성한 sinogram의 MAE를 (a) Rebinning factor, (b) 점의 선밀도, 그리고 (c) 소스와 디텍터의 let의 개수에 따른 함수로 나타낸 것이다. 각 매개변수가 증가할수록 MAE가 감소하는 것을 볼 수 있다. 즉, 각각의 매개변수의 증가가 닷카운팅 방식의 전방 투사 프로젝터의 성능에 긍정적인 영향을 끼친다는 것을 알 수 있었다.

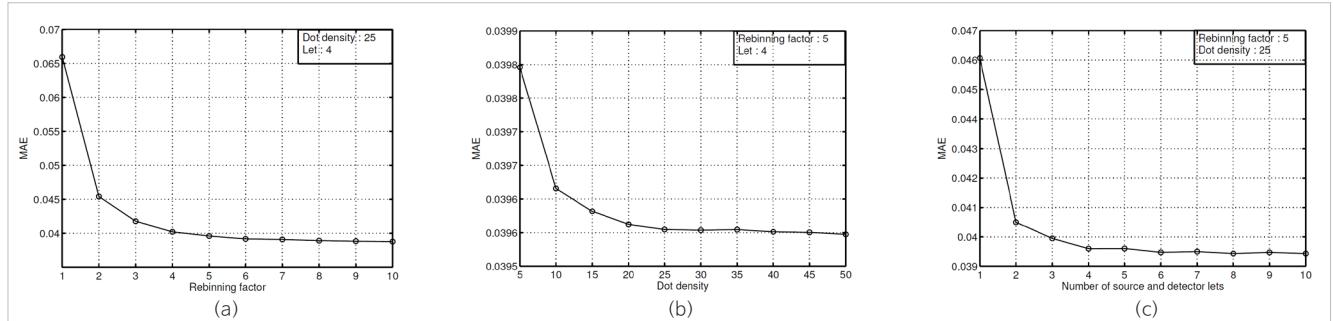


Fig3. 닷 카운팅 전방 투사 프로젝터와 이상적인 전방 투사 프로젝터와의 MAE

Fig4는 닷 카운팅 방식의 전방 투사 프로젝터에서 일반 매개변수를 사용해 생성한 sinogram과 복원된 영상을 각각 최적화된 매개변수를 사용해 생성한 sinogram, 복원된 영상과 비교하고 있다. Sinogram과 복원된 영상에서 Salt and Pepper Noise나 스트릭이 확연히 감소한 것을 볼 수 있다.

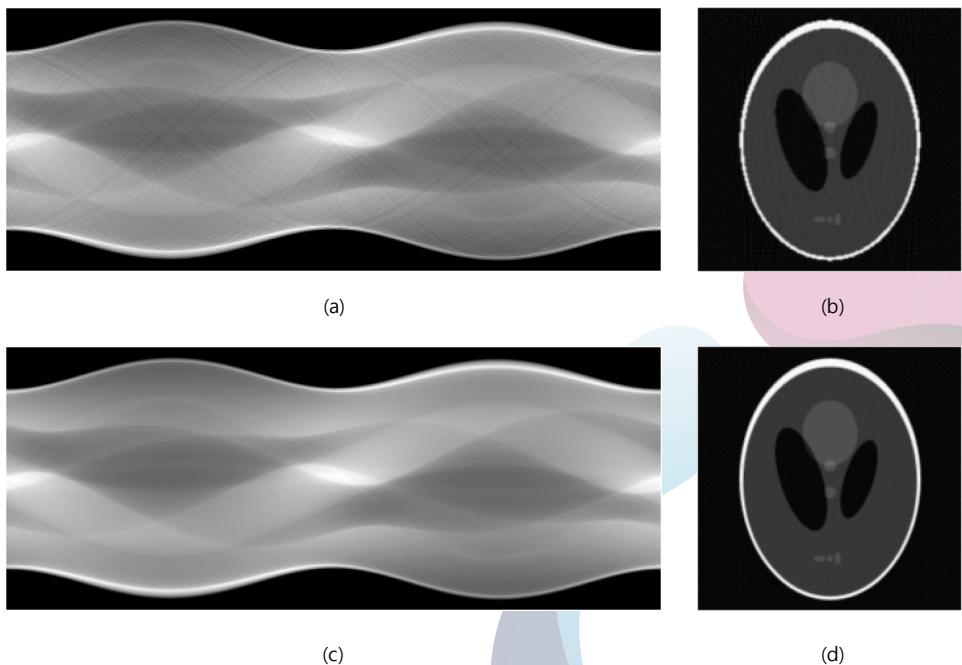


Fig4. 일반 매개변수를 사용한 (a) sinogram과 (b)복원된 영상, 그리고 최적화된 매개변수를 사용한 (c) sinogram과 (d)복원된 영상

Booth No. 16

몰입형 4D 모션 효과의 자동 생성 시스템

Automatic Generation of 4D Motion Effects

Introduction

영상에 다양한 모션과 환경 효과를 추가한 4D 영화관이나 4D 체험관이 최근에 큰 인기를 얻고 있다. 그러나 한 편의 4D 효과를 만들기 위해서는 전문 제작자가 수십번 이상 영상을 반복해서 보면서 모든 4D 효과를 일일이 제작해야 하는 어려움이 있다. 따라서 4D 효과를 제작하는데 많은 비용과 시간이 들게 되며, 이는 양질의 4D 콘텐츠가 부족한 현상의 주요 원인이 된다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 본 연구에서는 일인칭 시점의 영상과 삼인칭 시점의 영상을 분석하여 4D 모션 효과를 자동으로 생성해주는 시스템을 제안한다. 이 시스템은 일인칭 시점의 비디오에서 옵티컬 플로우(optical flow)를 바탕으로 카메라 자체 운동을 추정하여 모션 효과를 생성하고, 삼인칭 시점의 비디오에서 오브젝트 트래킹(object tracking)을 바탕으로 물체의 움직임을 추정하여 모션 효과를 생성해낸다.

Camera Motion Estimation

일인칭 시점의 비디오 영상의 경우, 영상의 옵티컬 플로우를 추출함으로써 카메라의 움직임을 추정한다. 영상에서 옵티컬 플로우가 추출되면 RANSAC 알고리즘을 이용하여 기초행렬(fundamental matrix)을 계산한다. 이 때 카메라 캘리브레이션 행렬(camera calibration matrix)을 있다고 가정했을 때, $E = K^T FK$ 수식을 이용하여 기초행렬 K 로부터 기본행렬(Essential matrix) E 를 계산할 수 있다. 이렇게 얻은 기본행렬과 대응점을 이용하여 회전행렬(R)과 이동행렬(t), 규모행렬(S)을 추정한다. 그 후 R, t, S 에 칼만필터를 적용시켜 카메라의 각속도, 선속도, 선가속도를 구할 수 있다.

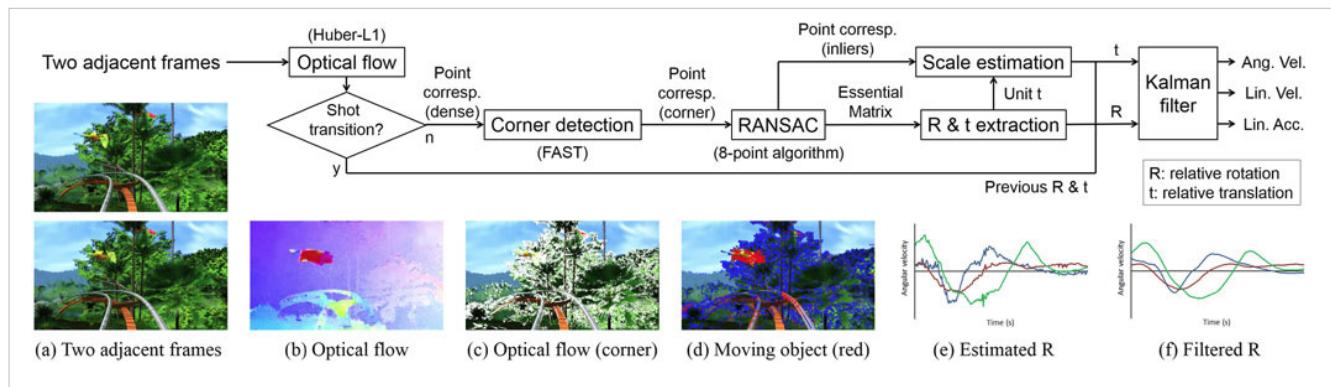


Fig. 1. Overview of our camera motion estimation algorithm and an example output of each step.

Synthesis of Camera Motion Effects

카메라 운동 추정을 통해 얻어진 두 프레임 사이의 선 속도 및 각 속도는 4D 모션 효과 변환 단계에서 4D장비의 위치와 각도로 변환한다. 이는 고전적인 washout 필터 알고리즘을 사용하여 수행할 수 있다. 다만 본 연구에서 사용한 장비는 roll, pitch, heave 방향 이동의 3 자유도만 재현이 가능하고 동작 범위의 제한이 있기 때문에 washout 알고리즘을 수정하여 적용시켰다. 또한 4D 장비의 구동 범위가 제한되어 있어 지속적인 힘을 생성할 수 없기 때문에, 가속도나 힘이 발생하기 시작하는 순간을 재현해주는 것이 가장 좋은 방법이며 이를 위해 하이패스 필터를 사용하였다. 이를 통해 빠르게 변화하는 고주파 대역의 값만 기기의 구동명령으로 변환되게 된다. 그러나 surge 방향 가속도에 대해서는 로우패스 필터에도 통과시킨다. 이는 Tilt coordination이라는 기법으로 지속적인 힘을 느끼게 해주기 위함이다. 필터링 된 결과들을 적분하여 pitch와 roll 방향 각도 값과 heave 방향 위치 값을 얻어 4D 장비를 구동할 수 있다.

Rendering Algorithm for Object Motion

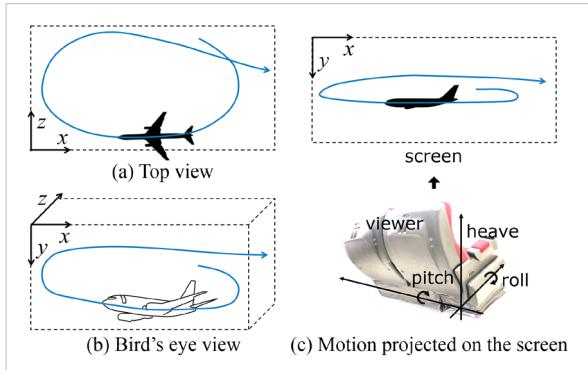


Fig. 2. Object- and viewer-centered rendering in an example plane scene.

물체의 움직임을 추적하여 모션 효과를 생성하는 방법은 크게 Object-centered rendering과 Viewer-centered rendering으로 분류된다. Object-centered rendering은 관심있는 물체의 시점에서 그 물체가 움직이는 방향으로 motion을 생성하는 방법이고, Viewer-centered rendering은 관측자의 시점에서 그 물체가 움직이는 방향으로 motion을 생성하는 방법이다. 특히 Viewer-centered rendering 방식은 Object-centered rendering 방식에 비해 사용자에게 더 좋은 평가를 얻기 때문에, 이 방식을 기준으로 모션 효과를 생성해내는 알고리즘을 구현하였다.

Motion Effects Synthesis Using Viewer-Centered Rendering

Viewer-centered rendering 방식으로 모션 효과를 생성하기 위해서 MEEM과 SCM과 같은 Object-tracking algorithm을 사용한다. 이 알고리즘들을 이용하여 모션 디자이너가 추적하고자 하는 물체를 선택하면 그 물체의 위치를 추정 할 수 있고 관측자가 추적하고자 하는 물체를 향하도록 모션 효과를 생성해낼 수 있다. 이 방법은 전문적인 4D 모션 디자이너가 아니더라도 4D 영화 제작에 일반적으로 걸리는 시간보다 최소 10배 빠르게 모션 효과를 생성해낼 수 있다.

Conclusion

일인칭 시점과 삼인칭 시점의 영상에 대해 camera motion, object motion 기반으로 자동으로 모션을 생성하는 알고리즘을 제안했다. 이러한 자동화 알고리즘을 통해 4D 영화에서 모션 효과 저작의 시간을 단축시킬 수 있었고, 괜찮은 수준의 motion 을 합성할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

Booth No. 17

DEEPSLEEP: 호흡 추적을 통한 정확하고 저렴한 수면 패턴 분석

DEEPSLEEP: Accurate and Affordable Sleep Pattern Analysis Through Respiration Tracking of In-Ear Headphones

수면을 값싸고 정확하게 분석할 수 있을까?

현대인들 중 자신이 '질 좋은' 수면을 취하지 못한다고 생각하는 사람들의 수는 상당할 거라 생각합니다. 저 역시 그들 중 하나입니다. 만성 수면 부족에 시달리기도 했고, 가위도 자주 놀리는 편입니다.

또 거의 항상 꿈을 꾸는데, 이 꿈들이 제 잠과 상쾌한 아침을 방해할 때가 꽤 있습니다. 아침에 일어나자마자 지난 밤의 짐짓한 꿈의 자취가 십여 분간 주변을 맴돈다면, 기분 좋은 하루를 시작하기란 항상 쉬운 일은 아닐 것입니다.

그래서 이 수면은 항상 제 관심사였습니다. 지난 밤 난 얼마나 잘 잤을지, 잘 자지 못했다면 그 이유는 무엇일지, 어떻게 하면 더 잘 잘 수 있을지 궁금했고 그 해답을 알고 싶었습니다.

그 해답을 찾으려면 잠을 관찰해야 합니다. 조심스럽게 잠을 측정하고, 이를 분석함으로써 잠을 관찰할 수 있을 것입니다. 물론 잠은 무의식중에 일어나는 활동이므로, 스스로 인지하는 것은 불가능하기 때문에 분명 어떤 장치나 사람의 도움을 받아야만 측정할 수 있습니다.

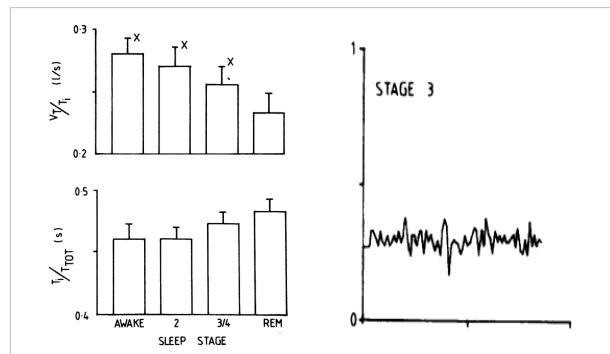
실제로 수면을 측정하고 분석해 주는 다양한 장비가 시중에 나와 있습니다. 요즘 이런 잠에 대한 관심사가 만국 공통인지, 수면 산업이라는 단어까지 쓰일 정도로 다양한 제품들이 존재합니다.

하지만 가격이 결코 저렴하지 않습니다. 꽤 정밀한 수면 추적 기능을 제공하는 제품들은 최소 20만원부터 시작합니다. 게다가 아직 한국에서는 판매하지 않기에 해외 직구를 해야 합니다. 저도 수면 측정을 필요로 하는 타겟 중 한 명이지만, 이런 조건 하에서는 구매를 망설이게 됩니다.

수면과 호흡의 상관관계

수면과 호흡, 그리고 수면질환은 밀접한 상관관계를 지닙니다.

우리는 경험적으로 어떤 사람이 자는지 안 자는지 숨 소리를 듣고 알 수 있습니다. 사실 수면과 호흡의 상관관계는 꽤 큽니다. 비렌수면기의 1, 2, 3 단계와 렘수면은 각각 독특한 호흡 패턴을 보이며, 호흡 배기량과 호흡 속도 등을 통해 간접적으로 수면 단계를 추측할 수도 있습니다. 아래의 그래프는 성인 남성의 수면 단계에 따른 배기량과 호흡 사이클을 나타낸 것으로 (Douglas et al, 1982) 이런 경향성을 뚜렷하게 드러냅니다.



또한 여러 수면 질환 역시 이런 호흡 패턴과 밀접한 관련이 있는데, 대표적인 수면 질환인 코골이나 무호흡증 등 역시 급변하는 호흡 패턴을 동반하며, 수면 시 호흡을 분석하는 것만으로도 어렵지 않게 진단할 수 있습니다.

이어폰은 좋은 호흡 센서가 될 수 있습니다.



누구나 두 개 이상은 갖고 있는 이어폰, 이어폰은 생각보다 훌륭한 호흡 감지 센서가 될 수 있습니다. 여기에는 두 가지 가능성이 존재합니다. 첫 번째로는 이어폰 오른쪽 아래에 부착되어 있는 마이크를 사용하는 것인데, 호흡기와 위치가 가까워 호흡음 녹음이 가능합니다. 두 번째로는 이어폰 스피커를 마이크처럼 활용하여 귀 내에서 호흡음을 잡아내는 것입니다.

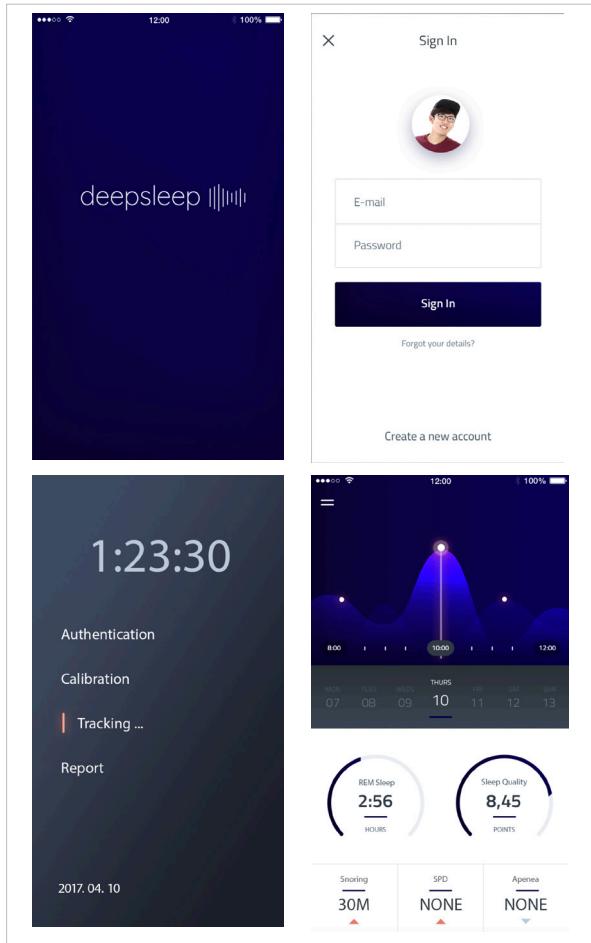
첫 번째 방법은 간편하지만 마이크와 호흡기관의 거리를 일정하게 유지시켜 주는 고정장치가 필요하고, 두 번째 방법은 스피커를 마이크 회로로 사용할 수 있게 해 주는 하드웨어가 필요합니다.

애플리케이션

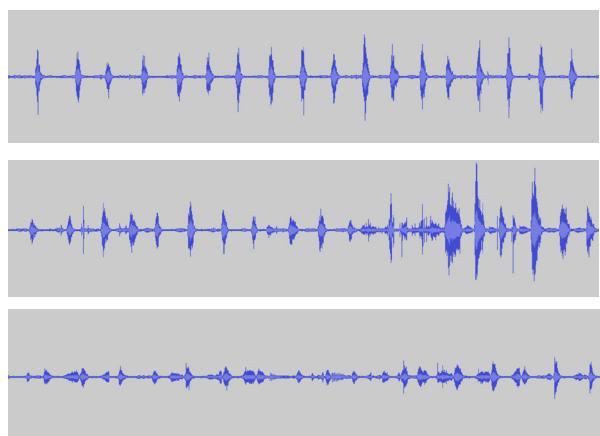
DEEPSLEEP은 네 페이지로 구성된 매우 단순한 스마트폰 애플리케이션입니다.

처음에만 보이는 로딩 페이지와 로그인 페이지를 제외하면 실제로 사용자가 보게 되는 화면은 '분석 중' 페이지와 '분석 결과' 페이지의 두 화면밖에 되지 않습니다.

사용자가 이어폰을 끼고 있고, 호흡이 감지될 경우 자동으로 ‘분석 중’ 페이지로 넘어가 호흡 분석을 시작하며, 이어폰을 끼고 있지 않을 경우 ‘분석 결과’ 페이지를 보여줍니다. 사용자가 자기 전 수면을 측정하려면 그냥 이어폰 착용 후 앱을 켜 두기만 하면 됩니다.

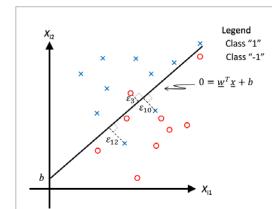
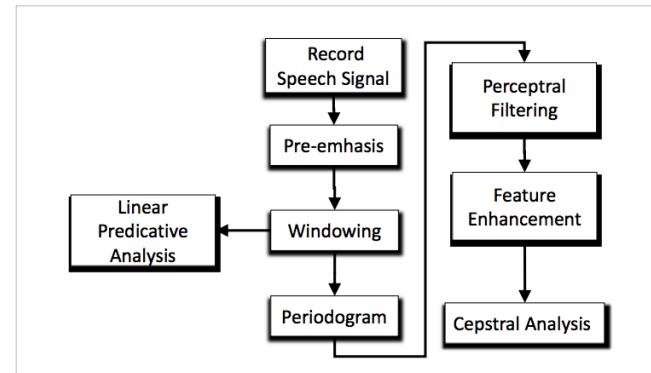


이어폰을 통한 호흡음 샘플링



이어폰을 통해 호흡음 정보를 수집합니다. 호흡음 샘플링은 10초 단위로 이루어집니다. 위의 이미지는 실제 샘플링된 호흡음이며, 각각 non-REM 2단계, 코골이, REM 단계에서의 호흡음 파형입니다.

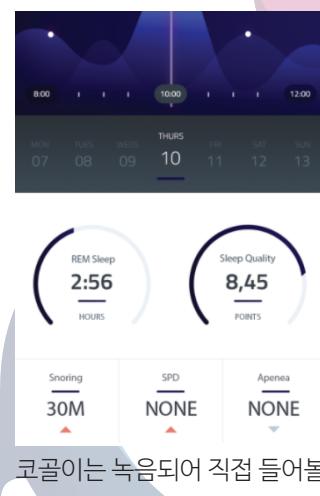
호흡-수면 모델링 및 기계학습



호흡음의 Feature Extraction을 통해 호흡의 세기를 판단하며, 호흡의 주기는 VAD(Voice Activity Detection) 알고리즘으로 음형을 끊고,

SVM(Support Vector Machine)을 사용하여 들숨인지 날숨인지를 판별합니다. 이렇게 시간에 따른 호흡의 주기와 세기에 대한 정보를 추출해 낼 수 있습니다. 논문 두 편(Automatic Detection and Classification of Acoustic Breathing Cycles, Breath Activity Detection Algorithm)을 참조하였습니다.

패턴 분석과 진단



사전에 등록된 호흡의 주기, 세기와 수면 단계와의 연관성 지표를 활용하여 시간대별 수면 단계 정보를 계산하고 이를 그래프로 표시해 줍니다.

코골이와 무호흡증, 수면마비 등과 같은 증상 역시 일정 호흡 역치 기준값을 통해 판별하며, 아래에 증상 여부와 지속 시간을 표시해 줍니다.

코골이는 녹음되어 직접 들어볼 수 있는 기능 역시 제공합니다.

Booth No. 18

소보로: 소리를 보는 통로 - 청각장애인을 위한 의사소통 보조기기

SOVORO: See the sound - Communication device for deaf

청각장애를 가진 학생은 어떻게 수업을 들을까? 소보로가 처음 해결하고자 했던 문제이다. 누구에게나 교육을 받을 권리가 주어짐에도 지원이 제대로 이뤄지지 않는 곳이 많아 그저 책상만 쳐다보고 있는 학생이 대부분이다.



[그림 1] 초중고교 청각장애 교육지원 현황
(출처: 교육부 특수교육정책과)

현재 제공되고 있는 지원형태로는 속기사, 대필도우미, 수화통역사 등이 있다. 하지만 모두 인력기반으로 이루어져 비용이 비싸고 시공간적 제약이 크다는 문제점이 있다.

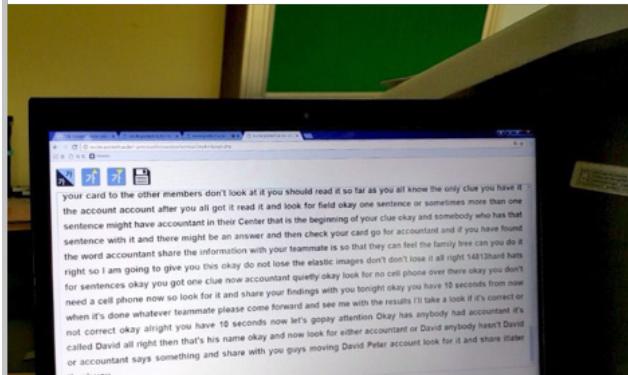


[그림 2] 현재 지원형태(출처: 웹툰 나는귀머거리다)

이러한 문제를 해결하기 위해, 사람 대신 기술을 이용해 문자통역을 제공하는 프로그램을 개발했다. 수업상황에서 사용할 수 있는 실시간 자동 속기프로그램으로 강의자가 말하는 내용을 수업을 듣는 청각장애 학생이 자신의 핸드폰에서 받아볼 수 있도록 구현하였다.

1차 프로토타입

웹기반의 음성인식 & 전송 기능



장애인고용공단 공무원채용설명회,
충북대학교 영어강의 등에서 현장테스트 진행

현재 프로토타입

오픈소스 하드웨어에 임베딩 진행중



원거리 집음, 음성인식 구동, 텍스트 전송 등
5월 중순 현장 테스트 예정

포스텍 창의IT융합공학과

학생 윤지현 이원석 장수빈
jihyeon0416@gmail.com

만든 프로그램을 가지고 농아인협회, 대학교, 공단 세미나 등 다양한 테스트를 진행했다. 실제 현장에서 테스트를 진행하다보니 예상치 못한 부분도 많고 실제로 사용할 때 어떤 부분이 중요한지 알 수 있었다. 공통적으로 나온 피드백을 바탕으로 더 아이디어를 발전시켰고 조금 더 범용적으로 사용할 수 있는 디바이스를 구현하게 되었다.



[그림 3] 부산농아인협회 그룹 인터뷰



[그림 4] 부산농아인협회 그룹 인터뷰 2



AUD협동조합
청각장애인학생 설명회 오픈테이블
대표님, 이사님 미팅

대구대학교
청각장애인학생 동아리
1명 학생 인터뷰

열린책장
오픈테이블 참가
대표님 면담

부산농아인협회
15명 포커스그룹 인터뷰
세미나 현장 테스트

경북농아인협회
4명 개별인터뷰

삼성소리샘복지관
3명 개별인터뷰

충북대학교
장애학생지원센터 인터뷰
5명 학생 개별인터뷰
영어 강의 현장 테스트

장애인고용공단
근로지원부 인터뷰
기업지원부, 교육연수부 방문
공무원 채용설명회 현장 테스트

난청인교육협회
이사님 미팅
협회캠프 참가 및 시연 예정

청음회관
청각장애인 대상 강연 보조

포항농아인협회
2명 개별인터뷰
세미나 현장 테스트

그 외 만난 사람들
한국복지대 이사님, 팀장님
시립서대문농아인복지관
농아대학생연합 학생
너나들이(청각장애인 창업팀)

총 65명과 인터뷰를 진행

청각장애인과 비장애인 간의

“**사회적 통합**에 기여한다”

▲
교육, 가정, 사회, 일상 생활에서
언제나 사용할 수 있는 제품을 만들어 제공한다

교육 가정 사회 일상

최종적으로 청각장애인과 비장애인이 원활하게 의사소통 할 수 있도록 도와주는 기기를 만들고자 한다. 현재는 팀원 3명이 모두 휴학을 하고 서울에서 창업을 준비중에 있다. 이러한 기기를 통해 청각장애인들이 평생에 걸쳐 정보를 쉽게 접하고, 지식을 흡수하며, 사회와 소통하는 기회를 넓히고자 한다.

Booth No. 19

5G 시대: 하드웨어 / 소프트웨어 플랫폼

The Era of 5G: H/W and S/W Platforms

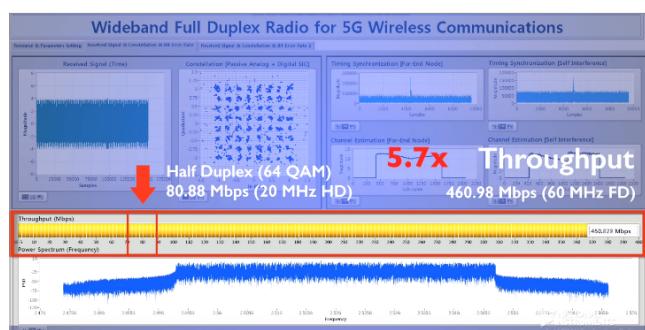
2020년 상용화를 목표로 5G의 시대가 도래함에 따라, 우리나라는 ICT 서비스를 위한 5G 세계 최초 시연을 다가오는 평창올림픽을 목표로 준비하고 있다. 이에 학계에서는 그간 다양한 차세대 핵심 기술들을 선보여 왔고, 이를 입증하고 평가하기 위해 다양한 방법들 또한 제시해 왔다. 하지만 기존의 시뮬레이션을 토대로 이론적인 기술을 검증하는 과정은 많은 어려움이 있었고, 더욱 체계적인 소프트웨어와 하드웨어를 활용한 방법이 대두하고 있다. 본 연구에서는 SDR 기반의 하드웨어 플랫폼과 3D ray-tracing 기반의 소프트웨어 플랫폼을 토대로 제안하는 핵심 기술을 보다 실증적으로 검토하고 평가하고자 한다.



[그림 1] 다중 안테나 전이중통신 하드웨어/소프트웨어 플랫폼 시연 모습 (IEEE Globecom'16, Washington D.C., USA)

먼저 하드웨어 플랫폼은 그간 학계에서 이루어진 이론적인 기술들의 실제 상용화를 위한 테스트베드이다. 주로 기술들의 P2P(Peer-to-Peer) 성능 점검을 통해, 제안한 기술의 시연 가능성에 집중한다. 본 그룹에서 활용하는 장비는 SDR(Software-Defined Radio) 기반의 하드웨어 플랫폼인데, 간단히 설명하면 플랫폼에 적용 및 변경이 쉬운 소프트웨어를 활용하여 제안하는 알고리즘을 구현하고, 이를 통해 실제 채널에서 실험을 가능하게 해준다. 이 때문에 단순히 이론에 그치지 않고, 더욱 정밀한 결과를 도출하는 이점을 가지며 본 연구팀에서는 하드웨어 플랫폼을 활용하여 다양한 연구를 진행하고 있다.

본 시연에서는 연구 성과 중 하나인 광대역전이중(Wideband Full-Duplex) 기술을 시연할 예정이며, 반이중 통신 대비 5.7배, 기존의 전이중 통신 대비 3배의 데이터 처리량 증대를 달성을 보일 예정이다. 이에 앞서 다음과 같은 구현 연구를 본 그룹에서 진행해 왔다. 먼저 무선 통신 기술의 표준인 LTE 통신의 물리계층 단을 구현하였다. 이를 활용하여 소형셀에서의 하이브리드 빔포밍 기술을 시연하는데



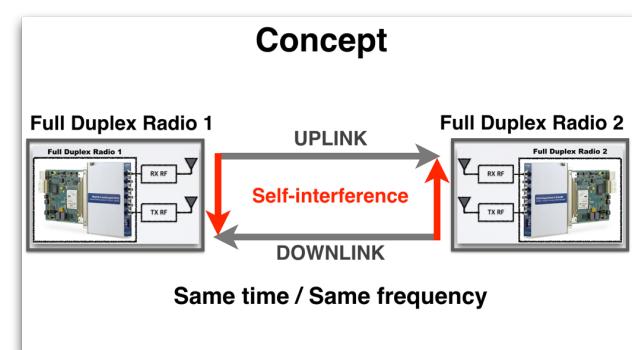
[그림 2] 테스트베드 실제 UI



[그림 3] 국내 데이터 트래픽 증가율

성공함으로써 하드웨어 플랫폼의 초석을 다졌다. 후발연구로 LTE 기반의 전이중 통신 시스템을 세계 최초로 구현하는 데 성공하였고, 이를 토대로 IEEE Globecom에서 성황리에 모음을 선보였다.

여기서 전이중 통신이란 데이터 트래픽이 급증함에 따라 주파수 효율을 증가시키는 차세대 핵심 무선통신 기술 연구 중 하나로써, [그림 4]와 같이 송수신을 같은 주파수 대역에서 동 시간대에 진행하는 기술이다. 이론적으로 반이중 대비 2배의 성능을 얻을 수 있고, 본 연구팀에서 1.9배 이상의 성능을 얻을 수 있음을 하드웨어 플랫폼을 통해 직접 확인하였다.



[그림 4] 전이중 통신 시스템의 기본 개요도

이밖에 2015년에는 송신기와 수신기 각각 2개로 구성한 다중 안테나 기반 전이중 통신 시스템을 구현하였으며, 2016년에는 이를 광대역으로 확장하여 더 많은 데이터를 송수신할 수 있는 광대역 전이중 통신 시스템을 구현 및 시연하였다. 또한, 이와 더불어 RF 렌즈 기반 밀리미터파 통신 시스템을 선보였고 관련 연구 또한 활발히 진행하고 있다.

실제 무선환경에서 새로운 기술이 가능함을 검증하는 하드웨어 플랫폼과는 달리 소프트웨어 플랫폼은 새로운 기술을 검증하는데 있어서 다른 관점으로 접근한다. 소프트웨어 플랫폼은 하드웨어 플랫폼만으로 구현하기 힘든 복잡한 네트워크 및 복잡한 시스템 단위의 성능을 검증하는 플랫폼이다. 본 그룹에서는 5G 요소 기술들을 3D ray-tracing 기반의 소프트웨어 플랫폼에서 구현 및 성능 검증이 가능하도록 연구를 진행해왔다. 제안하는 3D ray-tracing 기반의 소프트웨어 플랫폼은 실제 지형과 비슷한 디지털 맵에 측정된 안테나 패턴 등을 반영하여 기지국과 유저를 배치하고 실제 신호가 이동하는 경로를 반사와 굴절 등을 고려하여 추적하는 3D ray-tracing 시뮬레이터를 이용한다.

본 연구팀에서는 실제 환경과 유사한 디지털 맵을 제작하여 5G의 요소 기술들을 시스템레벨에서 검증해왔다. 우리가 제작한 지형은 크게 2가지이다. 하나는 실내환경에서 무선통신 성능을 검증하기 위한 연세대학교 진리관 C동의 디지털 맵이고 다른 하나는 실외환경에서 시스템 성능을 볼 수 있는 강남역의 디지털 맵이다. [그림 5]와 같이 본 연구팀이 거주하는 건물을 평면도를 통해 직접 디지털 맵을 제작하였으며 콘크리트 벽, 유리, 철문, 시트락 천장 등 벽과 천장의 재질을 고려하였으며 이는 실제로 3D ray-tracing 시뮬레이션에서 감상계수에 영향을 미친다. [그림 6]은 최근에 제작한 강남역 주변 건물의 디지털 맵이다. 강남역 디지털 맵에서는 3섹터 기지국을 설치하여 마이크로 셀환경을 모델링하였다.

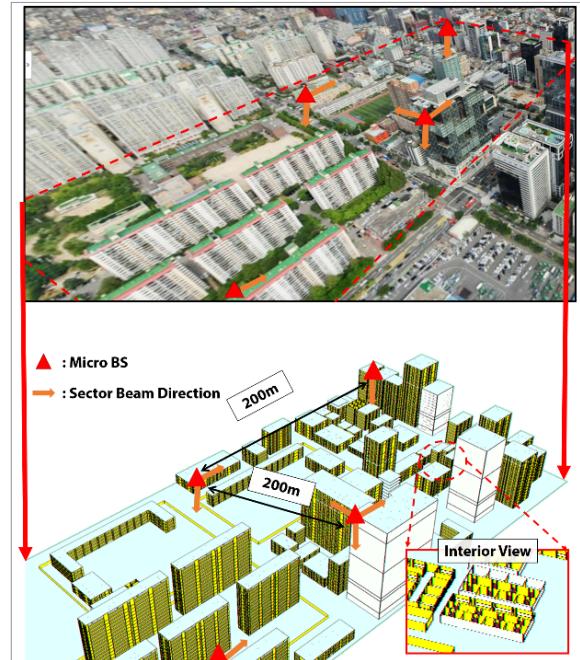
본 연구팀에서는 [그림 7]과 같은 소프트웨어 플랫폼을 제안하였다. RMS Delay, 수신파워, 신호의 송수신 각도 파라미터 등이 포함된 채널



[그림 5] 연세대학교 진리관 C동 디지털 맵

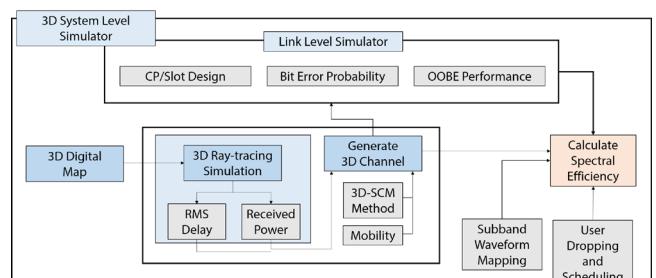
정보는 3D ray-tracing 시뮬레이션으로 실측에 가까운 데이터를 얻고자 제 개발한 3D 공간 채널 모델에 반영하여 3차원 채널을 발생시킨다. 이 3 차원 채널을 이용하여 링크레벨에서 시뮬레이션에 활용하여 링크레벨 성능을 최종 시스템레벨 성능에 반영하면 기존의 2차원 지형에서 시스템레벨 성능 평가 방법보다 더욱 실측에 가까운 성능을 평가할 수 있고 다가오는 5세대 통신에 더욱 유연하고 빠르게 해당 시스템을 적용할 수 있다.

소프트웨어 플랫폼을 통해 그동안 수많은 연구를 해왔는데 먼저 직접 제작한 이중편파 안테나의 MIMO(multiple-input multiple-output) 성능 검증을 하였고 이 안테나는 현재 하드웨어 플랫폼에서 유용하게 사용 중이다. 특히 3차원 하이브리드 빔포밍 기술을 평가할 때는 [그림 8]에서처럼 하드웨어 플랫폼의 링크레벨 성능과 소프트웨어 플랫폼의 링크레벨 성능이 거의 같음을 확인하여 시스템레벨로 확장하여 3차원 하이브리드 빔포밍 기술의 우수성을 입증하고 통신분야의 최고 저널 중 하나인 IEEE Wireless Communications에 게재되었다.

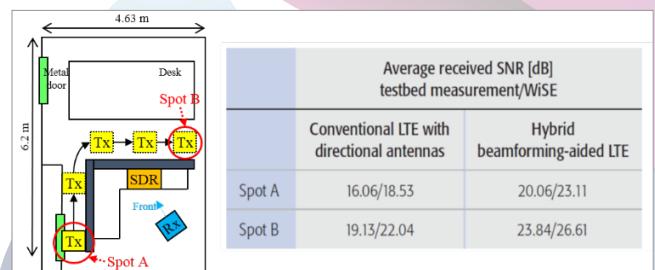


[그림 6] 강남역 스카이뷰와 제작한 디지털 맵

본 연구팀은 이후로도 제안한 전이중통신, 렌즈안테나 시스템 등을 소프트웨어 플랫폼을 통해 성능을 검증해왔으며, 5G의 핵심 웨이브폼과 다중 접속기술의 성능 검증도 이미 시행하여 논문을 제출하였다. 앞으로 촉감통신, 스펙트럼 센싱, V2X(vehicle-to-everything)를 포함한 더 많은



[그림 7] 3D ray-tracing 기반 소프트웨어 플랫폼 블록다이어그램



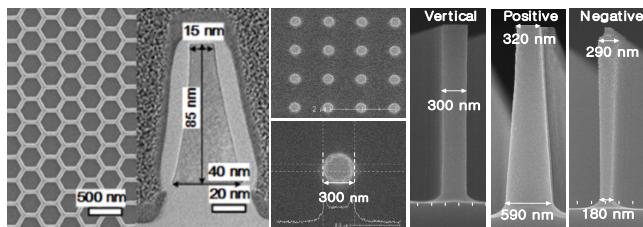
[그림 8] 하이브리드 빔포밍 하드웨어 플랫폼과 소프트웨어 플랫폼 성능 비교

5G의 핵심기술들을 제안하고 하드웨어 및 소프트웨어 플랫폼을 통해 단단한 성능검증을 마쳐 세계 어느 연구 그룹보다 더 빠르고 유연하게 차세대 대통신 기술 연구를 선도할 것이다.

1. 연구 소개

최근 센서 및 무선통신 등의 비약적인 발전으로 사물에 센서를 부착하여 실시간으로 데이터를 주고받는 사물인터넷(IoT) 시대가 도래함에 따라 인간의 삶은 획기적으로 향상되었고 저가, 고성능 센서 기술에 대한 수요가 증가하고 있다. 이와 더불어 주 에너지 자원인 화석 에너지 고갈에 따른 에너지 부족 문제와 지구온난화와 같은 기후변화로 고통받고 있으며 이를 해결하기 위해 전세계가 머리를 맞대고 노력 중이다. 급증하는 에너지 문제를 해결함과 동시에 환경오염을 발생시키지 않는 친환경 에너지 하베스팅 기술 개발이 시급한 상황이다. 에너지 하베스팅 기술은 태양광, 진동, 열, 풍력 등과 같이 자연적으로 발생하는 에너지원을 회수하여 효율적으로 에너지를 사용하기 위한 기술로써, 미활용되고 있는 태양광에너지와 공장에서 발생하는 열에너지 등을 활용하여 유용한 전기에너지로 변환함으로써 보다 에너지 자원을 효과적으로 활용할 수 있다. 또한, 생활환경 및 개인건강관리에 대한 관심이 증대됨에 따라, 운전자 안전 개선을 위한 지능형운전자보조시스템(ADAS), 범죄예방 CCTV 등 미래 사회에서 다양한 형태로 폭넓게 활용 할 수 있는 근적외선 센서 개발과 현장 질병진단 및 환경 모니터링을 위한 고신뢰성 바이오 센서 기술 등 여러 지능형 센서 시스템에 대한 사회적 요구가 크게 증가되고 있다.

현재 에너지 하베스팅 소자 및 근적외선 센서 개발에 활용되고 있는 화합물질은 우수한 성능을 가지지만 인체에 유해하며, 재료 가격이 비싸고, 대량생산이 어려워 산업화에 많은 제약을 가지고 있다. 이에 비해 실리콘은 친환경 소재로써 재료단가가 저렴하고 반도체 공정을 활용한 대량생산이 가능하여 산업화 가능성이 높은 물질이다. 하지만 물질의 특성 한계로 열전 소자와 근적외선 센서 개발에 적용이 어려운 실정이다. 또한, 실리콘 나노선 전계효과 트랜지스터 기반 반도체 센서(바이오센서)는 검출 대상물질과 센서 표면 감지막 사이의 화학반응에 의한 전하량 변화를 감지하여 검출이 이루어지기 때문에 우수한 감지감도, 반응속도, 신뢰성, 낮은 전력소모 등 기존 전기화학 센서 대비 많은 장점을 가지고 있다. 따라서, 본 연구에서는 다양한 실리콘 나노선 기술을 활용하여 기존 시장을 선점하고 있는 고비용의 화합물질을 대체하여 저비용·고성능의 에너지 하베스팅 소자 및 근적외선 광검출 센서를 개발하고, 전기화학 기반 센서 시스템을 대체하여 실리콘 기반 바이오센서 개발을 수행하고자 한다. 또한, 회수한 에너지를 전기에너지로 손실 없이 효율적으로 변환하기 위한 계통연계형 전력변환장치를 개발하고자 한다.



[그림 1] 다양한 구조의 실리콘 나노선

2. Top-down 수직 나노선 기술

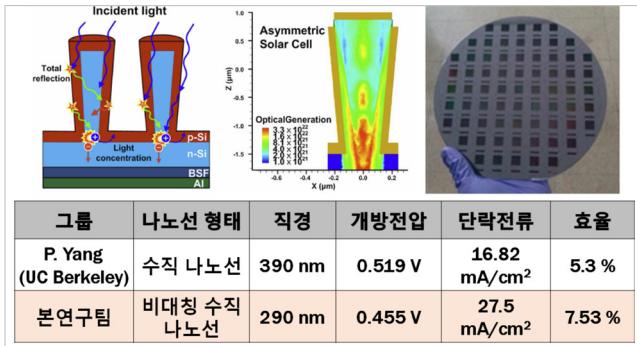
실리콘 물질에 나노기술을 접목하여 나노선 구조의 소자를 제작하게 되면 실리콘 나노선의 높은 표면적대부피비로 인해 기존 박막 실리콘보다 개선된 물리적, 전기적, 광학적 특성을 구현할 수 있게 된다. 나노선을 제작하는 방법은 크게 top-down 방식과 bottom-up 방식 두 가지로 나눌수 있다. Bottom-up 방식은 촉매 물질과 반응가스의 화학적인 합성을 통해 나노선을 제작하게 되며 top-down 방식은 반도체 공정을 이용하여 실리콘 물질을 식각함으로써 나노선을 제작하게 된다. Top-down 방식은 반도체 공정을 이용하기 때문에 균일하고 일정한 나노선 제작이 가능하며 대량생산이 가능하여 상용화에 유리한 기술이다.

본 연구팀은 top-down 방식을 이용하는 세계적인 수준의 수직 나노선 어레이 제작 기술과 독창적인 구조인 벌집나노선 제작 기술을 개발하였다(그림 1).

개발한 수직 나노선 상단과 하단의 직경을 자유롭게 조절함으로써 나노선의 물리적, 전기적, 광학적 특성을 극대화시킬 수 있어, 에너지 하베스팅 소자 및 근적외선 소자의 물질한계 극복에 활용될 수 있다. 또한, 벌집 나노선 구조를 센서의 신호변환부에 적용하여 기존 직선 나노선 센서 대비 우수한 감도와 수율을 확보하였을 뿐만 아니라, 센서의 잡음을 억제하여 높은 해상도를 확보하였다[1].

3. 태양 전지

태양전지는 태양의 빛 에너지를 전기에너지로 변환시키는 소자로써 전세계적으로 활발히 연구되고 있다. 본 연구팀은 비대칭형 수직 나노선(나노선 상단의 직경이 하단의 직경보다 큰 구조) 어레이를 태양전지에 적용함으로써 기존 수직 나노선 태양 전지 대비 1.4배 향상된 효율을 달성하였다(그림 2). 기존의 수직 나노선 구조는 가늘고 긴 구조로 인해 빛의 흡수율을 일정 수준 이상 높이는 것이 쉽지 않은 상황이었다. 연구팀은 이를 개선하기 위해 수직 나노선을 비대칭 구조로 설계함으로써 태양전지가 흡수하는 빛의 양을 극대화시켰다. 이 연구결과는 네이처 자매지인 '사이언티픽 리포트(Scientific Report)'를 통해 발표되었으며 연구팀은 이에 대한 다양한 원천특허(국내등록: 1건, 국제출원: 4건)를 보유하고 있다[2].



[그림 2] 비대칭형 수직 나노선 특성 향상 원리, 빛흡수에 대한 전산모사 결과, 제작된 8인치 비대칭 수직 노나선 태양전지 사진

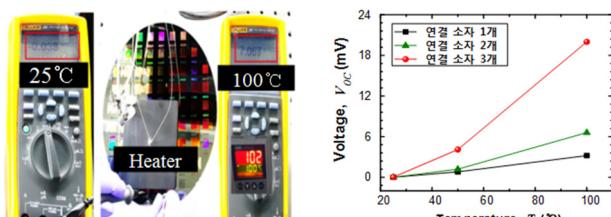
4. 실리콘 기반 열전발전 시스템

에너지 수요 급증과 기후변화의 주범으로 화석연료 사용이 지목되며, 신재생에너지에 대한 관심이 증대되고 있다. 최근 들어 폐열을 회수해 전기에너지로 변환하여 연료효율을 향상시키는 열전발전 시스템 기술이 주목받고 있다. 열전발전 시스템은 열에너지를 전기로 변화시켜주는 열전소자, 열전소자에 고온부 및 저온부 열원을 공급해 주는 열전발전 스택, 스택에 의해 생성된 전력을 실제 계통연계해 주기 위한 전력변환 장치로 이루어진다. 열전소자는 열에너지를 전기 에너지로 (제백 효과: Seebeck Effect) 직접 변환해주는 소자로 에너지 절감이 가능한 기술이다. 열전소자는 산업, 자동차, 우주, 항공, 선박, 웨어러블 디바이스 등 다양한 분야에 광범위하게 활용이 가능하다. 열전소자의 성능지표는 무차원지수 ZT 값을 이용하여 표현하는데, 이 값은 전기전도도에 비례하고 열전도도에 반비례하는 관계를 갖는다.

현재 널리 사용되고 있는 열전재료는 Bi_2Te_3 로 매장량이 풍부하지 못하여 재료비용이 높고, 인체에 유해하기 때문에 상용화에 많은 제약이 따른다. 반면, 실리콘은 매장량이 풍부하며 반도체 공정 기술을 활용한 대량생산이 가능하다(표1). 이러한 장점에도 불구하고 실리콘은 높은 열전도도로 인하여 열전변환 효율이 낮아 열전 재료로 활용이 불가했다. 최근 실리콘을 나노선(Bottom-up 방식을 이용)으로 제작할 경우, 열전도도가 약 1/100배로 급격히 줄어 Bi_2Te_3 에

그룹	Bi_2Te_3	Si
재료 단가 (\$/kg)	110	3
매장량	Bi: 0.2 ppm Te: 0.002 ppm	Si: 277,100 ppm

[표 1] Bi_2Te_3 와 Si의 재료단가와 매장량 비교



[그림 3] 제작된 실리콘 수직 나노선 열전소자 측정 사진과 개방전압 측정 결과

근접한 ZT값을 보인다는 연구들이 보고됨으로써 열전재료로 활용이 가능함을 제시하였다. 하지만 층매법 기반의 합성방식 (Bottom-up 방식)을 이용한 수평 나노선 열전소자는 균일성이 떨어지며, 기초연구 수준에 머무르고 있어 대량생산을 통한 상용화에 어려움이 있다. 이에 본 연구팀은 국내최초로 반도체 기술을 활용한 Top-down 기술을 바탕으로 하여 수직 나노선 어레이 열전소자를 제안하고 연구개발을 진행하고 있다. 스테퍼·스캐너를 이용한 패턴형성 공정과 실리콘 식각을 위한 플라즈마 식각 공정을 이용하여 200nm 직경을 갖는 실리콘 나노선 어레이 열전소자를 제작하였다. 제작된 소자는 P형과 N형 나노선 어레이 쌍의 수가 증가할수록 생성되는 전압이 증가하는 것을 확인할 수 있었다(그림3). 이 결과를 통해 Top-down 방식으로 제작한 실리콘 수직 나노선 어레이 열전소자의 에너지 하베스팅 분야 응용에 대한 가능성을 확인할 수 있었고, 추후 나노선 구조를 최적화한다면 특성은 더욱 개선될 것으로 기대한다.

열전모듈이 실제 산업공정에서 효율적으로 에너지를 생산 및 전달하기 위해서는 고출력밀도의 열전발전 스택 구성 및 제작이 필요하다. 또한 발전환경이 다른 산업공정의 특성이 열전발전 스텝구성에 반영되어야 한다.

RIST에서는 열전발전스택 및 4.8kW급 열전발전 시스템을 제작해 2014년 POSCO 생산공정에 성공적으로 실증하였다(그림4).



[그림 4] 열전발전 스택 및 4.8kW급 열전발전 시스템

열전발전을 통해 일반적으로 단위 스텝당 생산되는 에너지는 500~600W 수준이다. 열전발전을 통해 생산된 에너지가 사용자들에게 편리하게 이용되기 위해서는 계통연계를 통해 에너지를 전달하는 것이 필요하다.

이를 위해 POSTECH에서는 열전발전용 계통연계형 전력변환 장치 시제품을 제작하여 실 계통에 연계, 성공적으로 프로토타입 검증 테스트를 수행하였다(그림5).



[그림 5] 제작된 500W급 열전발전용 전력변환장치

5. 바이오 센서 시스템

트랜ジ스터 기반 센서는 표면 감지층의 구성에 따라 다양한 종류의 생화학 물질을 검출할 수 있다. 본 연구그룹에서는 상기 바이오 센서를 활용하여 수중 이온(수소, 염소, 불소), 가스



Creative ICT
Convergence
KOREA 2017

Booth No. 20

스마트 산업에너지 하베스팅 및 IoT 센서 기술

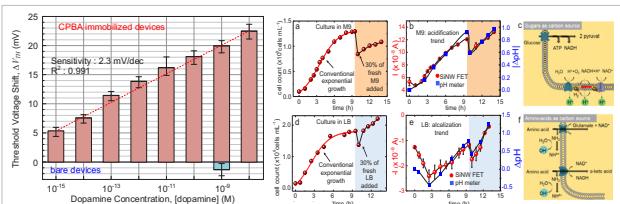
Smart Industrial Energy Harvesting and IoT Sensor Technology



[그림 6] (좌) 수중 염소 이온농도 (우) 불산 증기 검출

(산소, 일산화질소, 불산, 에탄올), 질병 표지 단백질(암표지자, 심근경색표지자, 도파민), 생체 물질(박테리아) 등 다양한 응용 분야 적용을 위한 감지층 기술개발을 수행하였다[3-5].

국내 식수에 포함되어 있는 염소이온농도와 불산 증기 검출을 바이오 센서를 활용하여 측정을 수행하였다 (그림 6). 제작된 센서는 약 60 mV/pCl의 감도 및 0.4 ppm 수준의 검출 한계를 나타냈으며 기존 전기화학식 이온 전극과 동일한 성능을 확보하였다. 센서의 부피를 1/5 수준으로 소형화하여 이동성을 확보하였으며, 액체 전극 대신 내장전극을 센서 내에 형성하여 우수한 내구성을 확보하였다. 또한, 누출된 불산 증기를 공기 중에서 검출하기 위한 센서 개발을 수행하고 있다. 불산 누출은 빈도가 높고, 심각한 유해성으로 인하여 널리 알려진 환경사고이다. 개발된 센서는 저가의 휴대용 멀티미터 연계를 통해 검출이 가능하다. 실제 불산을 이용한 증기 검출 실험에서, 실시간(10초 이내)으로 검출이 가능하며 공기 중에서 1분 내외로 본래의 베이스 상태로 회복하는 것을 확인하였다. 본 연구그룹에서는 바이오 센서의 감지층에 자가조립단층 물질인 APTES와 CPBA를 순차적으로 표면처리를 통하여 고감도 도파민 검출센서를 개발하였다 (그림7). 도파민 검출은 신경전달물질 중 하나로서 파킨슨병 환자 진단 및 신경전달 관련 질환 검사에 활용될 수 있다. 도파민 측정 결과 1 fM의 검출 한도, 2.3 mV/pDA의 감도, pDA 0.018의 해상도를 확보하였다[4]. 또한, 독일의 Dresden 연구진과 공동 연구를 통하여 박테리아 활성도 센서를 개발하였다(그림7). 기존의 광학적 방식을 활용한 박테리아 활성도 측정 방식은 mL수준의 시료의 양과 화학반응이 필요하여 실시간 현장검출이 어려우나, 개발한 센서의 세포 분석기법은 세포의 신진대사로 인한



[그림 7] (좌) 도파민 측정결과 (우) M9 배양액 및 세포 활성도 측정 결과
(a,d) 광학측정결과, (b,e) 센서 측정 결과, (c,f) 신진대사 모식도



[그림 8] 모바일 나노 센서 시스템

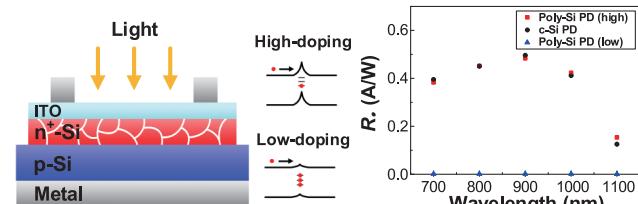
변화를 측정하여 세포의 활성도를 측정하는 방식으로, 적은 시료의 양으로 실시간 현장분석이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

또한, POSTECH 김재준 교수 연구진과 공동 연구를 통하여 두 가지 이상의 이종물질을 동시에 검출할 수 있는 모바일 센서 시스템을 개발하였다(그림8). 모바일 나노 센서 시스템은 센서 모듈 교체가 가능하여 다양한 응용분야에서 활용될 수 있도록 설계하였으며, 단일 센서모듈 내에 4개의 나노 센서를 집적화함으로써 2가지 물질에 대한 동시 검출성능과 우수한 검출 신뢰성을 확보하였다. 제작된 시스템은 pH 0.1 이하 수준의 오차를 보였으며, 이는 기존 전기화학 전극방식의 센서 시스템 대비 우수한 성능이다. 본 연구그룹은 유독화학물질 및 생체물질 검출용 바이오 센서 모듈을 활용하여 시스템의 핵심 원천 기술 개발을 수행할 계획이며, 초기양산 수준의 센서 모듈 제작을 통하여 국내외 유수 연구 기관과의 협업을 진행하고, 모듈 사업화를 진행하고자 한다.

6. 근적외선 광검출 센서

근적외선 (700 - 1,600 nm) 검출기술은 차량, 의료, 보안, 국방 등 최첨단 IT 융복합 기술 기반 현대 산업 전분야에 걸쳐 활용되고 있는 핵심 기술이다. 현재 근적외선 센서에 활용되는 물질로는 InGaAs, PbS 등 화합물 기반 재료들을 사용되고 있지만, 우수한 감응도에 반해 물질 가격이 비싸고 실리콘 기판에 고품질 접적이 어려워 저가·대량생산이 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 저가·대량생산이 가능하여 산업화 가능성이 실리콘을 활용하여 저비용·고성능 차세대 근적외선 센서를 개발하고자 한다.

먼저, 본 연구그룹에서는 공정 비용 절감 효과가 있는 다결정 실리콘을 근적외선 광검출 센서에 적용하기 위하여 다결정 실리콘의 특성 저하를 방지하고 우수한 광용답 특성을 획득할 수 있는 기술을 개발하는데 중점을 두고 연구를 수행하였다. 다결정 실리콘은 단결정 실리콘 대비 결정 방향이 일정하지 않아 전기적인 특성이 저하되는 단점이 있다. 하지만 증착 두께의 균일성, 우수한 공정 throughput 및 까다롭지 않은 공정조건으로 인하여 저가 제작이 가능하여 박막형 트랜지스터 (TFT), 메모리, 솔라셀 등을 제작하는데 주로 활용되고 있다. 기존의 다결정 실리콘의 전기적 특성 향상을 위한 레이저 열처리(throughput이 낮음) 및 급속 열처리 공정(diffusion 현상 발생)을 활용하지 않고 도핑 농도 조절을 통해 특성 저하 문제를 해결하였다. 성능 비교를 위하여 다결정 및 단결정 실리콘 광검출 센서를 동시에 제작하였고 특성

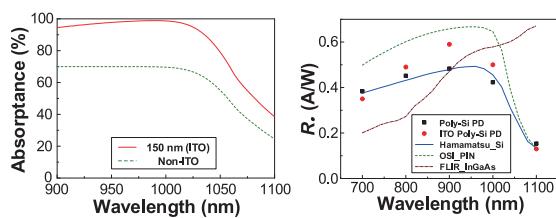


[그림 9] 다결정 실리콘 근적외선 광검출 센서 원리 및 도식도, 제작된 소자의 파장별 감응도 비교 결과

분석을 수행하였다. 제작한 다결정 실리콘 광검출 센서는 900 nm 파장 영역에서 최대 0.48 A/W 의 감응도를 나타내며 (그림 9), 이는 단결정 실리콘 광검출 센서의 감응도인 0.49 A/W 와 단지 약 2.5 % 의 차이만을 보였다.

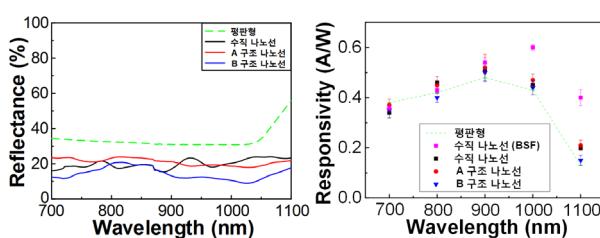
제작한 다결정 실리콘 광검출 센서는 특정 파장 영역에서 광흡수도를 최대화 하기 위하여 활성영역에 ITO (indium-tin-oxide) 투명전극을 추가로 증착하였으며, 900 nm 파장에서 최대의 광흡수도를 도출하기 위하여 $\frac{1}{4}$ 파장 최소반사조건에 따라 (quarter-wavelength minimum reflectance condition) ITO 두께를 최적화 하였다. 제작된 소자는 900 nm에서 94.47 % 의 높은 광흡수도를 나타내며 이는 ITO 미증착 소자대비 약 34.90 % 향상된 성능이다. 또한 추가적으로 1,000 nm, 1,100 nm에서도 각각 41.75 %, 56.96 % 향상된 광흡수도를 나타낸다. 이를 바탕으로 제작한 근적외선 광검출 센서는 향상된 광흡수도로 인하여 900 nm, 1,000 nm에서 각각 0.59 A/W, 0.5 A/W의 감응도를 나타내며 (그림 10), 이는 ITO 미증착 소자 대비 22.9 %, 19 % 향상된 수치이다. (실리콘 물질 한계로 인하여 1,100 nm에서는 ITO 증착 소자 및 미증착 소자 모두 낮은 감응도를 나타낸다.) 제작된 ITO 적용 다결정 실리콘 광검출 센서는 기존의 상용 실리콘 광검출 센서 대비 우수하고 PIN 광검출 센서와도 비견될만한 높은 감응도를 가지며, 다결정 실리콘 증착으로 인한 공정 비용절감이 가능하다.

또한, 본 연구그룹에서는 반도체 식각공정(Top-down 기술)을 활용한 다양한 형태의 나노선 배열을 제작하는 기술을 개발하였다(그림 2). Top-down 기술을 적용한 수직나노선 배열은 요철 구조로 인하여 표면에서 반사된 빛을 재흡수 하므로 반사 방지막의 증착없이도 낮은 표면 반사도를 나타내며, 평판형 대비 넓은 표면적으로 인하여 광흡수층이 넓기 때문에 더 많은 전자정공상 생성이 가능하다. 또한 기존 공정기술을 활용하므로 bottom-up 방식대비 균일하게 제어된 크기의 나노선 배열



광검출 센서	감응도 (A/W)				
	700 nm	800 nm	900 nm	1000 nm	1100 nm
단결정 실리콘	0.40	0.45	0.50	0.41	0.12
다결정 실리콘	0.38	0.45	0.48	0.42	0.15

[그림10] ITO증착및미증착소자흡수도비교,제작된소자및상용소자의감응도비교결과



[그림11] 나노선형태별표면반사도,제작된다양한형태의수직나노선소자의감응도비교결과

을 가지기 때문에 차세대 광학소자에서 널리 활용되고 있다. 또한, 나노선 배열 형태에 따라 광학적 특성(반사도, 흡수도 등)이 변하기 때문에 우수한 감응도를 가질 수 있는 수직나노선 근적외선 센서 제작이 가능해진다. 현재 제작된 수직나노선 광검출 센서는 900 nm에서 평판형 센서 대비 최대 6.25 % 향상된 감응도를 보이며, 비대칭형 나노선의 경우, 추가적으로 약 1.96 % 감응도 향상을 확인하였다. 또한, 수직나노선 센서의 감응도 향상을 위해 후면 전계층(back surface field)을 형성하여 실리콘 후면의 전자-홀 재결합을 막아 감응도를 향상시켰다. 후면 전계층 형성 소자는 미형성 소자 대비 900 nm, 1,000 nm, 1,100 nm에서 각각 2.07 %, 11.47 %, 24.66 %의 향상된 감응도를 나타내었다(그림 12). 현재 제작된 차세대 수직나노선 광검출 센서는 상용화를 위한 규격 최적화 및 의료용 산소포화도 측정 장치로의 적용을 위한 시스템을 구축 중에 있으며, 후속 연구로 이종 접합 구조를 적용하여 실리콘의 물질 한계를 뛰어넘은 근적외선 광검출 센서 제작에 관한 연구를 계획하고 있다.

7. 참고문헌

- [1] T. Rim, et. al., Nanotechnology, 25, 505501, 2014.
- [2] M.-D. Ko et al., Scientific Reports, 5, 11646, 2015.
- [3] J. Han, et. al., ACS AMI, 7, 21263, 2015.
- [4] K. Kim, et. al., Biosens. Bioelectron., 77, 695, 2016.
- [5] T. Rim, et. al., IEEE sensors, 17, 667, 2016.

8. 공동연구기관/지원기관



Partner



Creative ICT Convergence KOREA 2017

창의 ICT 융합 인재 포럼

