

POSTECHIAN

포스텍 이공계 진로 설계 안내서
No.188 2026



포스텍 40주년 기념 사업

포스텍 개교 40주년을 맞아 지난 40년의 발자취를 돌아보고 새로운 미래를 함께 그려보는 다양한 기념 행사가 열립니다.
앞으로 몇 달간 펼쳐질 전시, 학술·문화 행사 등 다채로운 프로그램을 통해 포스텍의 40년을 만나보세요.



개교 40주년 기념 사업 언론·영상 홍보

언론 보도와 영상 콘텐츠 제작을 통해 POSTECH의
연구 성과와 사회적 기여를 국내외에 알리고,
개교 40주년의 의미를 폭넓게 확산



김범만 교수 특강

POSTECH 개교 40주년을 기념하는
"POSTECH 40TH ANNIVERSARY LECTURE
SERIES" 네 번째 강연 개최



POSTECH1986 (역사미래관) 리뉴얼

개교 이후 축적된 연구 성과와 교육 철학을
체계적으로 조망하고, 미래 비전을 함께 제시하는
공간으로 역사미래관 전시 콘텐츠를 리뉴얼



동문 홈커밍데이 & 동문 자녀 캠프

국내외 동문과 POSTECH의 성장과 성과를 공유하고,
동문 간 네트워크와 모교와의 유대를 강화하는
개교 40주년 기념 행사



캐피탈 캠페인위원회 출범

개교 40주년을 맞아 중장기 발전과
미래 인재 양성을 위한 재정 기반을 강화하고자
캐피탈 캠페인위원회를 출범



AI 시대를 위한 글로벌 리더 특강

전문가 특강을 통해 기술 변화가 사회와 리더십에
미치는 영향을 탐구하고, 미래 리더로서의 통찰을 제시



개교 40주년 기념식

POSTECH의 지난 40년간 교육·연구 성과를 돌아보고,
미래 과학기술을 선도하는 연구중심대학으로서
새로운 비전과 도약 의지를 선언하는 기념식



개교 40주년 기념 사진 공모전

개교 40주년을 맞이하여
사진 공모전을 개최



개교 40주년 기념 음악회

구성원과 지역사회가 함께하는 음악회를 통해
POSTECH의 40년 여정을 돌아보고, 지역과 사회에
열린 대학의 가치를 알리는 소통형 기념 행사



교육지구 건립 공사

교육과 연구가 유기적으로 연계된 교육지구를
조성해 창의적 인재 양성과 융합 연구를 뒷받침하는
미래형 캠퍼스 기반 마련



<https://40th.postech.ac.kr/postech40/>
더 많은 40주년 소식과 행사를
홈페이지에서 확인해 보세요!



아무도 가지 않은 길, 끝없는 질문과 도전 THE GRAND POSTECH

표지 이야기 포스텍의 시계탑과 중앙분수대는 오랜 시간 그 자리를 지키며 수많은 포스텍커의 순간과 기억을 함께해 온 공간입니다. 여름밤을 수놓는 불꽃처럼, 이곳에는 새로운 시작과 설렘, 함께 나눈 시간들이 쌓여 왔습니다. 개교 40주년을 맞은 지금, 그날의 불꽃은 과거의 기억과 현재, 앞으로 이어질 미래를 하나로 이으며, 그 모든 시간이 빛나는 지점을 담아내고 있습니다.

예비 포스테키안들에게 알리미가 쓴다!

과학기술을 사랑하며 글로벌 리더의 꿈을 키우는

당신이라면 꼭 읽어봐야 할 잡지,

POSTECHIAN 독자 여러분 반갑습니다.

앞으로 더욱 풍성하고 알찬 '이공계 진로 설계 안내서'를

만들고자 여러분의 의견을 POSTECHIAN 제작에 반영

하러 합니다! 링크에 접속해 아래 단어 퍼즐의

답을 맞히고(필수) 설문에 참여해 주시면 추첨을 통해

소정의 선물을 드릴 예정입니다.

여러분의 많은 참여와 유익한 의견을

2026년 10월 19일(월)까지 기다립니다!

① 잡지에 실린 내용을 기반으로 단어 퍼즐 맞추기

② QR코드를 통해 링크 접속!!

③ 단어 퍼즐이 가리키는 단어를 맞히고 설문 참여

④ 포스텍 알리미가 준비한 선물 받기



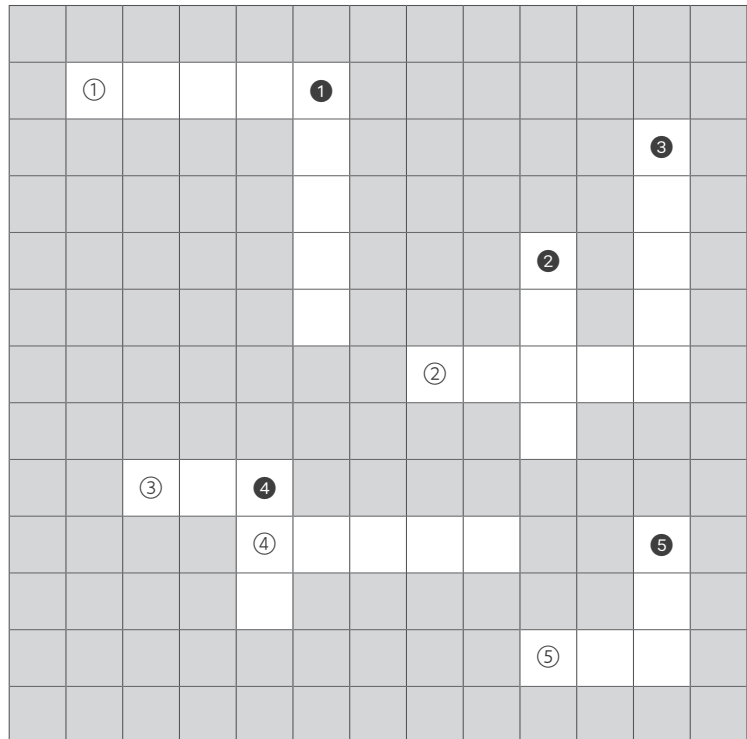
<https://forms.gle/fAT4oWxBekbaUbq3A>

가로 퍼즐

- ① 입력 크기가 커질 때 알고리즘의 기본 연산 횟수가 얼마나 빠르게 증가하는지를 나타내는 척도
- ② 입력 크기가 충분히 커졌을 때 알고리즘의 연산 횟수 증가율의 상한을 나타내는 방법
- ③ 특정 온도 이상에서 형상기억합금에 힘을 가해 큰 변형을 일으켜도, 힘을 제거하면 원래의 형태로 돌아오는 성질
- ④ 상아세관 내부를 채우고 있는 액체로, 자극받아 움직이며 치수 부근의 신경을 자극하는 체액
- ⑤ 탈화된 치아에 갈슘, 인산 등의 무기질이 다시 침착되어 법랑질의 구조가 회복되는 과정

세로 퍼즐

- ① 파동을 발생시키는 파원과 관찰자 사이의 상대적인 운동에 따라 파동의 주파수가 다르게 관측되는 현상
- ② 유전율과 투자율을 인공적으로 제어할 수 있는 메타물질 기반 평면 소재
- ③ 삼각형의 한 변과 그 양 끝에서 측정한 두 각을 이용해 목표 지점까지의 거리를 계산하는 방법
- ④ 디지털 변조 신호의 진폭과 위상 상태를 좌표평면 위의 점으로 나타낸 그림
- ⑤ 암호화되거나 압축된 데이터를 원래의 정보 형태로 되돌리는 데이터 처리 과정



CONTENTS

이공계 진로 설계 안내서
No.188 2026

발행일 2026. 8. 28.

발행인 김성근

발행처 포항공과대학교 입학팀

경북 포항시 남구 청암로 77

편집주간 오민진 신기근

편집기획 강동희 강창민 차윤서

편집위원 포스텍 알리미

디자인 & 제작 |주디자인플럼

t. 051-202-9201

f. 051-202-9206

정가 5,000원



(포스텍 입학팀) <https://adm-u.postech.ac.kr/>

06 포스텍 에세이 포스텍의 밝은 빛으로 물의 비밀을 보다

10 알리미가 만난 사람 박지웅 선배님과 이야기: 예상치 못한 곳에서 돌파구를 찾다

14 알턴실 로봇 자동화를 위한 완벽한 파트너, 뉴로메카

18 고등학생 기자단 포커스 바닷속 작은 생물에서 미래 화학공학의 해답을 찾다

22 기획특집 위성통신

32 헬로 노벨 스펀지 같은 마법의 신소재, 금속유기골격체(MOF)가 노벨상을 받기까지

36 최신기술소개 메타표면 렌즈를 이용한 2D-3D 전환 디스플레이

천연 화합물 기반 슈퍼박테리아 무력화 기술

금속 종류가 늘수록 균일해지는 다성분 나노입자 '성분 집중' 현상 규명

터보퀀트: AI추론 가속 및 메모리 압축

38 포스텍 연구실 탐방기 포스텍 극한역학 연구실

42 ALIMI ON-AIR 알리미의 알솔랭 카페 탐방 V-log

44 포라이프 질문에 따라 성장한 이야기

46 크리에이티브 포스테키안 죽을 때까지 할 만한 일, 스타트업

48 포스텍 카툰 POSTECH 100% - #1 학교자랑 포항자랑

50 SCIENCE BLACK BOX 생명을 멈추는 독

54 공대생이 보는 세상 + 치과 생명과학과 / 컴퓨터공학과 / 신소재공학과 / 화학공학과

58 지식더하기 1 변위 전류와 앙페르 법칙

60 지식더하기 2 시간 복잡도

62 마르쿠스 점과 점 사이를 잇는 방법, 라그랑주 보간법

64 알스토리 1 누구의 속도로 달리고 있나요

65 알스토리 2 올바르게 방황하는 법

66 ZOOM IN ON POSTECH!

68 포스테키안을 만든 알리미를 소개합니다!

70 독자서평 & 편집후기

포스텍의 밝은 빛으로 물의 비밀을 보다

안녕하세요, 포스테키안 독자 여러분. 저는 포스텍 화학과에서 X-ray Scattering & Spectroscopy Lab을 운영하고 있는 김경환입니다. 현재 11명의 학생과 함께 4세대 가속기의 강력한 X선을 이용해 분자와 물질의 구조가 어떻게 변하고, 그 변화가 화학 반응과 물질의 특성으로 어떻게 이어지는지를 연구하고 있습니다.

③ 포스텍 화학과 김경환 교수

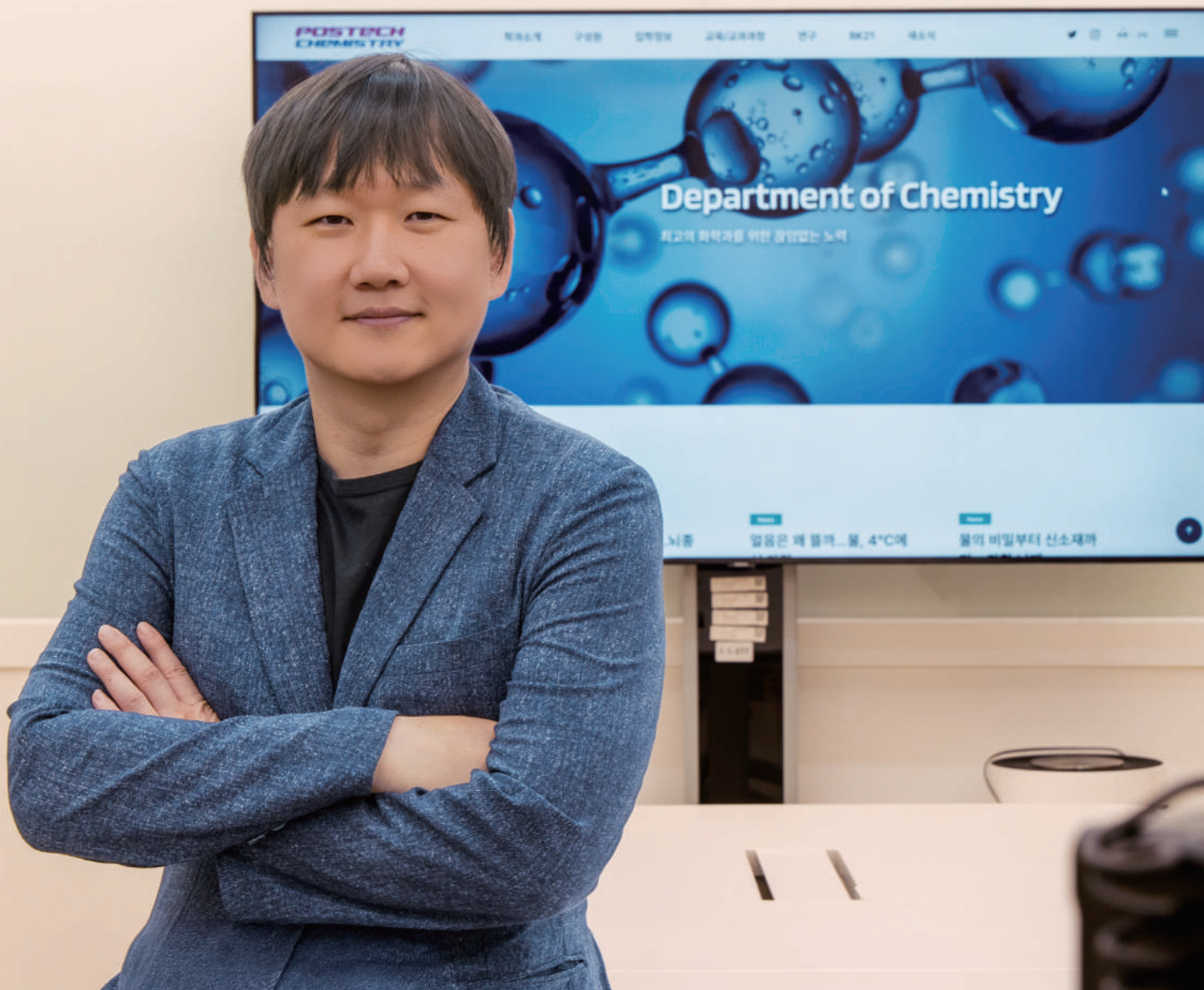




그림 1. 김경환 교수님 연구실 사진 1



그림 2. 김경환 교수님 연구실 사진 2

제가 하는 연구를 한마디로 설명하면, 분자 세계에서 일어나는 아주 작고 빠른 변화를 직접 보는 연구입니다. 제가 이 분야에 매력을 느낀 이유도 바로 여기에 있습니다. 우리가 눈으로 보는 세상의 변화는 매우 다양하지만, 그 안을 더 자세히 들여다보면 결국 모든 변화는 원자와 분자가 움직이고, 서로 만나고, 결합이 끊어지고, 새로운 결합이 만들어지는 과정으로 이루어져 있습니다. 저는 이러한 변화를 간접적으로 추측하는 데서 그치지 않고, 직접 관찰하며 이해할 수 있다는 점이 무척 매력적으로 느껴졌습니다. 문제는 이런 변화가 너무 작고 빨라서 보통의 방법으로는 직접 보기 어렵다는 점입니다.

우리 연구실은 이러한 순간을 보기 위해 강력한 X선을 사용합니다. 특히 포스텍 가까이에 있는 PAL-XFEL, 즉 포항 4세대 방사광가속기는 우리 연구에서 매우 중요한 역할을 합니다. PAL-XFEL은 강렬한 태양빛보다 무려 100경 배 이상 더 밝은 빛을 만들어 내며, 이 빛을 활용하면 기존 방법으로는 절대 볼 수 없었던 것들을 직접 관측할 수 있습니다.

이러한 강력한 시설은 매우 제한적이며, PAL-XFEL은 전 세계에 몇 안 되는 최첨단 시설입니다. 많은 세계 최고 수준의 연구자들이 PAL-XFEL에서의 실험 기회를 얻기 위해 치열하게 준비하고 경쟁하고 있습니다. 포스텍의 연구자들은 이 세계적 연구 시설을 가까이에 두고 연구할 수 있습니다. 그 누구도 풀지 못했

던 중요한 질문을 떠올렸을 때, 그 질문을 완전히 새로운 실험으로 해결할 수 있는 강력한 도구가 곁에 있다는 것은 포스텍이 가진 아주 특별한 장점입니다.

저에게 PAL-XFEL은 더욱더 특별한 의미가 있습니다. 저는 2017년 PAL-XFEL에서 수행된 역사적인 첫 번째 실험을 주도하는 행운을 얻었습니다. 그 실험은 물에 관한 연구였습니다. 당시 우리가 도전한 것은 영하 45℃의 낮은 온도에서 얼지 않은 상태의 물을 관찰하는 일이었습니다. 이 온도에서 물은 너무 빨리 얼어버리기 때문에, 당시까지도 과학자들은 이를 직접 관찰하는 것이 불가능하다고 여겼습니다.



그림 3. PAL-XFEL 최초 실험 당시 MBC 뉴스 출연 사진 (MBC뉴스 영상 갈무리)



그림 4. PAL-XFEL에서의 실험 후 실험 장치 앞에서 찍은 기념사진

하지만 우리는 PAL-XFEL의 강력한 빛을 이용하여, 물이 얼어버리기 전의 아주 짧은 순간을 포착할 수 있었습니다. 모두가 불가능하다고 여겼던 실험을 포스텍의 새로운 빛으로 실현 가능하다는 것을, 그 시설의 첫 번째 실험으로 보여준 짜릿한 순간이었습니다. 이 결과는 실험 수행 후 단 3개월 만에 Science지에 출판되었으며, 덕분에 저는 PAL-XFEL의 실험을 바탕으로 한 첫 번째 논문을 출판하는 행운도 얻을 수 있었습니다. 우리 연구실은 지금도 PAL-XFEL을 이용해 다른 방법으로는 수행할 수 없는 새로운 연구를 이어가고 있습니다.

제가 오랫동안 연구해 온 대표적인 대상은 물입니다. 물은 누구에게나 익숙하지만, 과학적으로는 가장 이해하기 어려운 물질이라 할 수 있습니다. 물은 수소 원자 두 개와 산소 원자 하나로 이루어진 아주 단순한 분자임에도 불구하고, 다른 모든 액체와는 전혀 다른 매우 독특한 성질을 보입니다. 이 단순한 물질이 이렇게 신기한 특성을 보인다는 것은, 그리고 그 특성을 통해 물이 자연의 가장 중요한 역할을 수행한다는 사실은 생각할수록 더 놀랍습니다.

대표적인 예가 물의 밀도입니다. 보통 액체는 차가워질수록 밀도가 커집니다. 그런데 물은 4℃에서 밀도가 가장 높아졌다가, 그보다 더 차가워지면 오히려 가벼워집니다. 겨울에 강이나 호수가 얼 때도 바닥부터 얼지 않고 위에서부터 얼기 시작합니다.



그림 5. 김경환 교수가 조직한 한국-스웨덴 한림원 간 교류 행사, 스웨덴 왕립 한림원에서 진행

이 덕분에 한겨울에도 아래쪽에는 액체 상태의 물이 남아 있을 수 있고, 그 속에서 생명이 이어질 수 있습니다.

과학자들은 물이 왜 이런 특별한 성질을 갖는지, 그 비밀을 밝히려고 노력해 왔습니다. 오랜 이론 연구 결과, 그 근원을 규명하는 비밀은 영하 60℃의 얼지 않은 물속에 숨겨져 있다는 것이 예측되었습니다. 그러나 앞서 언급했듯이, 이 온도에서 물은 너무 빨리 얼어버려 영하 60℃에 숨어있는 물의 비밀을 볼 수 있는 사람은 아무도 없었습니다.

우리 연구팀은 2017년 PAL-XFEL의 첫 실험으로 영하 45℃의 물을 관측하는 데 성공한 이후, 여러 실패에도 굴하지 않고 10년 가까운 세월 동안 이 문제에 꾸준히 도전해 왔습니다. 마침내 최근 비정질 얼음을 정교하게 가열하는 방식을 도입하여 PAL-XFEL의 강력한 빛으로 영하 60℃ 부근의 얼지 않은 물을 직접 관측하는 데 성공했습니다. 이를 통해 물이 다른 모든 액체와는 다르게 4℃에서 가장 무거운 이유는, 물이 저온에서는 밀도가 서로 다른 두 가지 액체상으로 존재하고, 두 상의 경계가 사라지는 액체-액체 임계점이 있어, 상온에서는 초임계유체로 존재하기 때문이라는 것을 최초로 밝힐 수 있었습니다. 이 초임계유체에서는 두 가지 밀도의 물이 국소 구조로 공존하며, 온도가 낮아질수록 저밀도 구조의 비율이 높아지기 때문에 4℃에서 최대 밀도를 가지게 됩니다.

물론 이 연구가 물에 대한 모든 질문을 끝냈다는 뜻은 아닙니다. 오히려 더 큰 질문들이 남아 있습니다. 물이 특별한 성질을 갖는다는 사실을 이해하는 것에서 더 나아가, 그 성질들이 왜 생명현상 등에서 그렇게 중요한 역할을 하는지 규명하는 일이 필요합니다. 앞으로 우리 연구실은 물의 근본적인 성질을 더 정밀하게 이해하고, 그것이 생명과 자연현상에서 수행하는 역할과 어떻게 연결되는지를 밝히는 연구를 이어가고자 합니다.



▶ 2026년 10월 2일, 영상으로
김경환 교수님의 매력적인
스토리를 만나보세요!

마지막으로 연구자를 꿈꾸는 포스테키안 독자 여러분께는 자신감을 가지고 중요한 문제에 도전해 보라는 말을 꼭 전하고 싶습니다. 앞으로 여러분도 어떤 분야를 공부할지, 어떤 주제를 연구할지 고민하게 될 것입니다. 예전에 제 강의에서 한 학생이 “중요한 문제에 도전하면 결국 그 분야의 세계적인 대가들과 직접 경쟁해야 하는 것 아닌가요? 경쟁을 피할 수 있는 좋은 주제를 어떻게 찾을 수 있나요?”라고 물은 적이 있습니다. 하지만 이제는 전혀 그렇게 생각할 필요가 없습니다. 이미 포스텍의 많은 교수님들과 대학원생들은 세계적인 연구자들과 나란히 서서, 때로는 그들과 경쟁하고 협력하며 최전선의 연구를 이끌고 있습니다. 여러분도 재미있게 느껴지는 중요한 질문을 찾고, 과감히 도전해 보기를 바랍니다. 🍀

함께한 (좌) 무은재학부 26학번 32기 알리미 박은규 / (우) 산업경영공학과 25학번 31기 알리미 백지훈



박지웅 선배님과 이야기:
예상치 못한 곳에서 돌파구를 찾다

㉓ 무은재학부 26학번 32기 알리미 최혜지

FAST TRACK ASIA



자신만의 길을 찾아가고 있는 여러분, 계획에 없던 포스텍 입학이 인생의 전환점이 된 이야기 알고 계시나요? 공과대학으로의 진학은 그를 한국 최초의 컴퍼니 빌더(Company Builder) 모델인 패스트트랙아시아를 설립한 창업가의 길로 이끌었습니다. 이번 <알리미가 만난 사람>에서는 포스텍 산업경영공학과를 졸업하신 박지웅 선배님의 이야기를 담아 보았습니다. 선배님께서 들려주시는 생생한 이야기, 함께 들어볼까요?

#1 전국에 있는 포스테키안 구독자분들께 자기소개와 현재 하고 계신 일에 대한 소개 부탁드립니다.

안녕하세요, 포스테키안 구독자 여러분. 저는 포스텍 산업경영공학과 01학번 박지웅입니다. 학부 졸업 후, 스타트업 지주회사인 패스트트랙아시아의 대표를 맡고 있습니다. 또한 해당 회사 산하 패스트파이브, 패스트벤처스 등의 사업도 함께 진행하고 있습니다.

#2 선배님께서 계획하셨던 진로가 아닌 포스텍 산업경영공학과에 진학하신 이후, 어떤 고민을 하셨는지 궁금합니다.

저는 고등학교에 다닐 때 포스텍 진학을 목표로 하지는 않았습니다.

그렇기에 공과대학 진학 자체가 제 희망 진로는 아니었습니다. 무은재 학부 1학년 생활 당시, 뛰어난 친구들을 보며 전통적인 공학 분야에서는 경쟁력을 갖기 어렵다고 판단하였고, 학과 중에서 가장 자신 있었던 산업경영공학과를 선택했습니다.

이후 경쟁자를 타 대학 경영학과 학생들로 설정하고 컨설팅과 경영 분야를 준비했습니다. 하지만 포스텍에는 해당 분야를 체계적으로 배울 수 있는 교과목이 많지 않았기 때문에 MSSA학회(포항공과대학교 유일의 경영전략 학회)를 직접 만들어 동료들과 함께 공부하고 관련 인턴십에도 참여했습니다.

#3 벤처캐피털 투자자로 활동하시며 다시금 생각하게 된 투자자의 역할과 이것이 컴퍼니 빌더라는 새로운 방식과 도전으로 이어진 과정에 대해 듣고 싶습니다.

벤처캐피털 투자자의 역할은 철저히 자본만을 투자하는 것으로, 기업의 가치나 전체적인 부가가치는 결국 회사를 만든 임직원들이 만들어 가는 것으로 생각했습니다. 따라서 투자자 일을 계속한다면 저는 조연으로서 회사에 존재해야 했기에 보다 주도적으로 주연과 같은 역할을 수행하고 싶었습니다. 소수 지분을 투자하는 벤처캐피털 대신, 직접 회사를 만들어 가는 컴퍼니 빌더 모델의 패스트트랙아시아를 설립 하였습니다.

② —



그림 1. 박지웅 패스트벤처스 대표

더벨, 2025.03.14. <https://www.thebell.co.kr/free/content/ArticleView.asp?key=202503140712394960109533>

그림 2. 함께한 무은재학부 26학번 32기 알리미 최혜지

#4 한국 최초의 컴퍼니 빌드 모델인 패스트트랙아시아를 설립하시며 경험한 어려움과 실패, 그리고 그 과정에서 얻은 교훈은 무엇인가요?

패스트트랙아시아는 단순한 투자회사가 아닌 여러 사업을 함께 운영하는 회사입니다. 하나의 사업을 성공시키는 것만으로도 쉽지 않은 상황에서, 여러 사업을 동시에 운영하며 각각을 성공시킬 수 있는 역량을 지속적으로 증명해야 한다는 것이 어려운 점이었습니다.

실제로 초기에는 성격이 다른 비즈니스 모델을 시도하였습니다. 모든 사업을 성공적으로 운영하기는 어려웠기에, 잘할 수 있는 모델로 범위를 좁혔습니다. 이후 그에 부합하는 사업을 직접 만들어보는 방식으로 패스트트랙아시아를 운영했습니다. 몇몇 사업이 성공을 거둔 이후에는 제가 가장 잘할 수 있을 것 같으면서도 시장 규모가 충분한 분야를 ‘스위트 스팟(Sweet Spot)’으로 정하고 그 외의 모델들은 과감히 버려야 한다는 교훈을 얻었습니다.

#5 패스트트랙아시아는 단순한 투자회사가 아니라 함께 회사를 만들어가는 특별한 방식으로 운영된다고 알려져 있습니다. 패스트트랙아시아가 추구하는 목표와 철학은 무엇인가요?

일반적으로 청년들은 높은 리스크를 감수하는 창업과 안정적인 직장인이라는 두 선택지 사이에서 고민합니다. 패스트트랙아시아는 그 사이에서 새로운 대안을 제시합니다. 창업자가 사업을 주도하되, 패스트트랙아시아가 일부 지분을 보유하면서 최대 30억 원을 투자하는 방식입니다. 이러한 방식으로 위험을 낮추면서도 관리 가능한 수익(Managed Return)을 기대할 수 있습니다.

기업이 매출과 이익을 발생시켜 주주가치를 극대화하는 주식회사의 본질은 동일합니다. 하지만 패스트트랙아시아는 창업 생태계에 양극단의 선택지를 넘어서 제3의 길을 제시하고자 합니다.

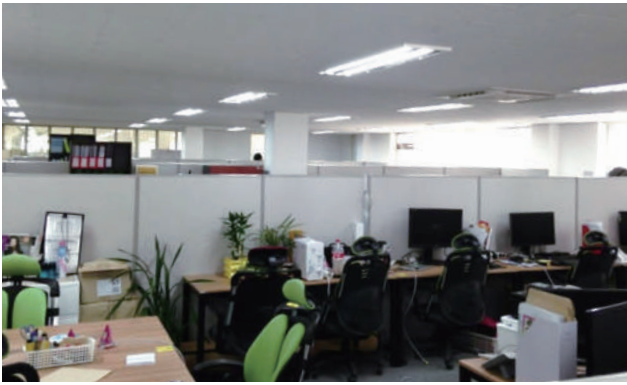
#6 패스트파이브는 국내 공유 오피스 시장을 대표하는 기업으로 성장했습니다. 패스트파이브만의 운영 방식과 앞으로 이루고자 하는 목표는 무엇인가요?

패스트파이브는 창업 초기에는 위워크의 모델을 참고했지만, 현재는 독자적인 경쟁력을 갖추게 되었습니다. 첫 번째는 에셋 라이트(Asset-Light)¹로 고정 월세에 대한 부담 없이 판 만큼만 건물주에게 돈을 지급하는 방식입니다. 두 번째는 제로 캐펙스(Zero Capex)²로 패스트파이브가 입점하면 건물의 가치가 상승한다는 점을 이용하여, 대규모 자본 지출 없이 새로운 지점을 확장해 나가는 방식입니다. 이러한 운영 전략을 통해 경쟁사와의 격차를 더 확대하며 패스트파이브만의 차별화된 경쟁력을 확보했습니다.

선진국으로 갈수록 건물의 소유와 운영은 점차 분리되는 방향으로 발전합니다. 새로운 건물을 지을 땅이 부족하므로 기존 건물의 가치를 높여주는 사업자들이 주목받습니다. 오피스 분야에서 패스트파이브는 건물의 가치를 높이는 다운스트림(Downstream) 영역을 담당하는 기업으로 성장하고자 합니다.

[각주]

1. 기업이 핵심 자산을 직접 소유하기보다 외부 자원을 활용하여 운영 비용과 투자 부담을 줄이는 사업 전략
2. 기업이 설비나 자산을 직접 구매하기 위한 초기 자본 지출을 부담하지 않고, 임대·제휴·외부 투자자 활용 등을 통해 필요한 자원을 확보하는 운영 방식



3	4
5	6

그림 3. 패스트트랙아시아의 첫 사무실(박지웅 대표님 페이스북)

그림 4. 스타트업 오디션 <유니콘 하우스>에 멘토로 참가(오른쪽에서 첫 번째)

이우진, 「눈물과 환호가 공존하는...스타트업 서바이벌 '유니콘하우스' 결승 현장」, 『경향신문』, 2021.12.19., <https://www.khan.co.kr/article/202112191601001#ENT>

그림 5. 패스트트랙아시아의 대표로 취임했을 당시 사진

벤처스퀘어, 「패스트트랙아시아 박지웅 대표 취임, '커머스 & 모바일 분야 가장 빠르게 떠오르는 혁신 조직되겠다」, 2012.08.30. <https://www.venturesquare.net/3089/>

그림 6. 제2벤처 봄 'K+벤처'에서 강연하는 사진

최재규, 「강연하는 박지웅 대표」, 2021.08.26. <https://www.yna.co.kr/view/PYH20210826173800013>

#7 마지막으로, 진로를 고민하는 학생들에게 조언 한마디 부탁드립니다

학생들이 진로를 고민할 때 '내가 뭘 해야 할지 모르겠어요'에서 출발하여 '어떤 종류의 직업이 있는지 모르겠어요'와 '그 가운데 내가 무엇을 선택해야 할지 모르겠어요'라는 고민으로 이어집니다.

본인만의 기준을 세워 직업들을 구분하여 각각에 대해 학습해 보기를 바랍니다. 그러면 수많은 직업 가운데 일부 직업으로 범위를 좁힐 수 있습니다. 추려진 직업을 바탕으로 자신의 진로를 구체적으로 준비해 나갈 수 있습니다. 진로에 대한 고민을 객관식 형태로 관점을 바꾸어 구체적으로 접근한다면 시행착오를 줄이고 보다 빠르게 자신만의 답을 도출해 낼 수 있을 것입니다.

포스텍 산업경영공학과를 졸업한 이후 자신만의 길을 개척하며 창업가로 성장하신 박지웅 선생님의 이야기를 들어보았습니다. 바쁘신 와중에도 귀한 말씀 전해주시는 박지웅 선생님께 감사드리며 글을 마칩니다.☺

알틴십: 알리미의 일일 인턴 체험기!



로봇 자동화를 위한 완벽한 파트너,
뉴로메카

ⓒ 신소재공학과 25학번 31기 알리미 강동희

알틴십 인턴, 신소재공학과 25학번 31기 알리미 강동희 X 물리학과 25학번 31기 알리미 손승현

안녕하세요, 포스테키안 독자 여러분! 알리미가 교내외 유명 기업 및 연구실을 탐방하는 알턴십이 벌써 열아홉 번째 이야기를 맞이했습니다. 최근 피지컬 AI(Physical AI)에 대한 관심이 높아지면서, 로봇이 스스로 상황을 판단하고 작업을 수행하는 차세대 자동화 기술이 주목받고 있습니다. 제조업에서 주로 사용되는 협동 로봇부터 자율 이동 로봇, 휴머노이드까지 그 영역도 점점 넓어지고 있는데요. 이번 호 알턴십에서는 강동희 알리미와 손승헌 알리미가 포스텍 출신 박종훈 대표님께서 설립하신 로봇 전문 기업, 뉴로메카 포항 지사로 직접 찾아가 보았습니다!

로봇 솔루션 기업, 뉴로메카

뉴로메카는 지난 13년간 쌓아온 독자적인 로봇 제어 기술을 바탕으로, 협동 로봇¹, 산업용 로봇, 자율 이동 로봇, 휴머노이드에 이르기까지 폭넓은 로봇 라인업을 갖춘 국내 대표 로봇 전문 기업입니다. 이 기술력을 통해 다양한 산업 현장의 자동화를 지원하며, 최근에는 북미와 동남아를 중심으로 현지 법인 설립과 글로벌 파트너십을 확대하고 있습니다.

피지컬 AI 프레임워크, PSF

뉴로메카에서 가장 먼저 주목한 핵심 기술은 바로 PSF(Physical Skill Foundation)입니다. 기존 AI 기반 로봇 제어에서는 일반적으로

모방학습이 활용되었습니다. 다만, 이 방식은 방대한 학습 데이터가 필요할 뿐만 아니라, 현장에서 환경이 변화하거나 작업에 실패할 경우 추가로 데이터를 수집하고 모델을 다시 학습시켜야 하는 경우가 많았습니다. 따라서, 새로운 공정을 추가할 때마다 제어 시스템이 복잡해지고 유지 보수에 대한 부담도 커지면서, 실제 산업 현장에 적용하는데 어려움이 있었습니다.

뉴로메카는 이를 해결하고자 자체 피지컬 AI 프레임워크인 PSF를 고도화하고 있습니다. PSF는 AI와 로봇 제어 기술을 결합해, 처음 접하는 물체나 변화하는 환경에서도 로봇이 스스로 상황을 인식하고 판단하며 유동적으로 작업을 수행할 수 있도록 지원합니다. 이를 통해 데이터 수집과 재학습에 드는 시간과 비용을 절약할 수 있습니다. 비정형 환경에서도 로봇이 스스로 판단해 작업을 수행하는 지능형 자동화 생태계를 구축하는 것, 이것이 뉴로메카가 추구하는 차세대 자동화의 모습입니다.



[각주]

1. 안전 펜스 없이 사람과 같은 공간에서 함께 작업할 수 있도록 설계된 로봇



다양한 산업으로 도약하는 협동 로봇

다음으로는 로봇의 생산과 연구개발을 담당하는 협동 로봇 공장을 방문했습니다. 이곳에서는 로봇의 조립부터 성능 검증, 최종 품질 검사까지 전 과정을 수행하는 동시에, 새로운 기술을 미리 검증하는 테스트 베드 역할도 하고 있습니다. 뉴로메카는 협동 로봇 '인디(Indy)'를 중심으로 생태계를 구축하고 있는데, 인디의 가장 큰 강점은 자체 기술 기반의 통합 플랫폼과 확장성입니다. 모터와 감속기(모터의 회전 속도를 줄이고 힘을 키워주는 부품) 같은 핵심 부품부터 제어기, 소프트웨어까지 주요 기술을 자체 개발해 하나의 플랫폼으로 통합했습니다. 또한 직관적인 티칭 펜던트(로봇에게 동작을 직접 가르치는 조작 기기)와 전용 API²를 지원해 로봇 전문가가 아니더라도 쉽게 프로그래밍하고 운용할 수 있습니다.

인디는 이런 개방성을 바탕으로 제조업뿐만 아니라 F&B, 물류, 서비스 등 다양한 분야에서 사용되고 있습니다. 그중 튀김 공정을 자동화한 프라이밍 템플릿을 체험해 보았는데, 협동 로봇이 바스켓을 튀김기에 투입하고 튀김, 탈유, 배출까지 전 공정을 수행하며 메뉴에 맞는 레시피를 간단히 구성할 수 있었습니다. 지점마다 날마다 맛이 다른 치킨을, 이 템플릿으로는 언제나 균일하게 만들 수 있겠다는 생각이 들었습니다.

휴머노이드 로봇 '에이르'

이번에는 공동 연구소동으로 이동해 휴머노이드 로봇 '에이르'를 만났습니다. 에이르는 18개의 관절로 이루어져 있고, 머리에도 관절 회전과 각도 기울임이 구현되어 있어 복잡한 작업 환경에서도 유연하게 동작할 수 있습니다. 소프트웨어 측면에서는 PSF와 인공지능 알고리즘을 도입해 범용 인식 기능과 힘 제어 기술을 갖췄으며, 이를 통해 동작뿐 아니라 사고 과정까지 인간과 유사한 모습을 구현했습니다. 이런 하드웨어와 소프트웨어를 바탕으로 한 '제로 샷 피킹'을 체험해 보았습니다. 이는 처음 보는 물체를 인식하고 잡아 원하는 위치로 옮기는 시연이었습니다. 물체의 크기와 재질에 따라 힘과 위치를 조절했고, 실패하면 다른 팔로 다시 시도해 결국 성공시키는 모습이 정말 신기했습니다.

[각주]

2. 애플리케이션 프로그래밍 인터페이스, 서로 다른 소프트웨어 시스템들이 데이터를 주고받을 수 있도록 돕는 중간 다리 역할



#CS그룹 권용춘 팀장님과 인터뷰

마지막으로 CS그룹 권용춘 팀장님과 인터뷰를 진행했습니다. 먼저 협동 로봇부터 자율 이동 로봇, 휴머노이드까지 서로 다른 로봇을 모두 한 회사에서 개발하는 이유를 여쭙보았는데요. 형태와 역할은 다르지만 모든 로봇을 관통하는 핵심은 정밀하고 안정적인 로봇 제어 기술이며, 뉴로메카는 로봇마다 새로 설계하는 대신 하나의 검증된 플랫폼 위에서 시와 소프트웨어가 각 산업 현장에 맞춰 스스로 적응하도록 만드는 방향을 추구한다고 답해주셨습니다. 협동 로봇에서 검증된 기술을 산업용 로봇과 자율 이동 로봇, 나아가 휴머노이드까지 하나의 기술 체계 안에서 확장해 나가는 것이 뉴로메카의 전략인 셈입니다. 이어서 휴머노이드 기술의 현주소도 여쭙보았습니다. 2010년대 초기

에만 해도 휴머노이드는 제한된 환경에서 미리 설계된 알고리즘으로 이족보행과 기본 동작을 구현하는 데 집중되어 있었지만, 최근에는 산업 현장의 활용 목적에 맞춰 자율주행 바퀴 기반 플랫폼을 활용하는 등 다양한 형태로 발전하고 있다고 하셨습니다. 효율성과 안전성이 향상되고 피지컬 AI 기술이 결합하면서 스스로 작업을 수행할 수 있는 수준으로 발전하고 있습니다. 이에 따라 산업 현장 실증도 활발히 진행되고 있다고 합니다.

또한 뉴로메카의 비전에 대해서도 여쭙보았는데, 제품 공급을 넘어 '고객의 성공적인 자동화 실현'을 가장 중요한 가치로 삼고 있다고 하셨습니다. 최적화된 자동화 시스템과 체계적인 고객관리 프로세스를 기반으로 신속하고 전문적인 사후 관리 서비스를 제공해 고객과 두터운 신뢰를 구축한다는 철학도 들을 수 있었습니다.



#뉴로메카 알턴십을 마치며

지금까지 차세대 로봇 자동화를 선도하는 기업, 뉴로메카를 견학해 보았습니다. 하루 동안 뉴로메카를 둘러 보며, 하나의 로봇이 탄생하기까지 기구 설계와 제어 알고리즘, AI 소프트웨어가 얼마나 유기적으로 맞물려 작동하는지 느낄 수 있었습니다. 특히 권용춘 팀장님께서 들려주신 2010년대 초기 휴머노이드와 지금의 모습을 비교해 보면, 이 분야는 정답이 정해진 곳이 아니라 수많은 시도와 혁신으로 채워지는 영역이라는 생각이 들었습니다. 로봇공학을 꿈꾸는 포스테키안 독자 여러분도 자신의 관심 분야를 바탕으로 하드웨어와 소프트웨어를 넘나드는 융합적인 시야를 길러보는 건 어떨까요? 알턴십을 도와주신 박건태 매니저님과 인터뷰에 응해주신 권용춘 팀장님, 다양한 시연을 도와주신 이정원 매니저님, 이진혁 매니저님께 진심으로 감사드립니다. 뉴로메카의 다양한 로봇과 자동화 솔루션에 흥미가 생기셨다면 포스텍 입학팀 유튜브 채널에 공개될 188호 알턴십 영상까지 꼭 확인해 주세요!📺



▶ 알리미의 일일 인턴 체험기,
2026년 9월 18일에 공개됩니다!

고등학생 기자단 POCUS



POSTECH 화학공학과 차형준 교수님과의 인터뷰

바닷속 작은 생물에서 미래 화학공학의 해답을 찾다

반갑습니다! 포커스 기자단 18기로 인터뷰를 진행한 경기북과학고등학교 심재인 기자와 사우고등학교 이건우 기자입니다. 어느새 다가온 인터뷰 날, 포항 날씨는 밝은 햇살과 뭉게구름이 이루어져 아름다웠습니다. 그래서인지 교수님과의 인터뷰에서도 웃음꽃과 이야기꽃이 만개했던 것 같은데요, 이번에 포커스가 소개해 드릴 차형준 교수님을 만나러 가봅시다!

ⓒ 경기북과학고등학교 심재인, 사우고등학교 이건우



Q 교수님께서 학부생 때부터 화학공학을 공부하시고, 대학원 진학 이후부터는 생명공학 연구를 병행하신 걸로 알고 있는데요, 많은 분야 중에서도 이 분야에 걸음을 댈게 된 특별한 이유가 있으실까요?

제가 처음부터 생명공학이라는 명확한 목표를 가졌던 것은 아니었습니다. 정보가 부족했던 학부 시절, 화학공학을 선택한 것은 거의 우연에 가까웠습니다. 하지만 화학공학이 다양한 세부 전공을 가진다는 점은 저와 잘 맞았습니다. 이후 대학원 과정에 진학하며 ‘바이오 테크놀로지’라는 새로운 길을 마주하게 되었습니다. 제가 대학원에 진학하던 당시만 해도 우리나라에서 생명공학은 이제 막 걸음마를 떤 학문이었습니다. 많은 학자가 기초적인 생물학 연구에 머물러 있던 시절이었지만, 제 생각은 달랐습니다. 생명체에 공학적 기술을 접목해 세상에 없던 새로운 가치를 창출해 내는 생명공학에 강렬한 매력을 느꼈습니다. 아무도 가보지 않은 낯선 길이었음에도, 화학공학과 생물학의 융

합이 가진 무한한 가능성을 확신하며 과감히 도전했습니다.

Q 수많은 생물 중에서도 유독 ‘홍합’에 주목하시게 된 계기도 궁금합니다.

교수가 되기 전, 기본적으로 제가 이전부터 해왔던 연구가 효소와 같은 단백질에 대한 것이었습니다. 제가 포스텍 교수로 부임할 당시에 접한 생체 모방 기술 특집 기사가 거미줄을 구성하는 단백질이나 연잎의 표면 구조 같은 것들에 대해 다뤘는데, 그중에서도 홍합 접착 단백질이 처음 접하게 되었고, 이것이 제 연구의 출발점이 되었습니다. 특히 우리 포스텍은 바다를 끼고 있는 유일한 연구 중심 대학입니다. 이곳에서 해양생물, 특히 상용화되지 못했던 홍합 접착 기술을 파고든다면 큰 의미가 있을 것이라고 생각했습니다.



Q 과거의 아교나 밥풀, 일반 접착제는 물속에서 접착력을 잃습니다. 그런데 홍합은 거친 파도가 치는 바닷속 바위에도 단단히 붙어 있습니다. 홍합은 어떻게 물속에서도 접착력을 유지할 수 있나요?

홍합의 접착 단백질은 아주 독특한 아미노산 구성을 가집니다. 그중 핵심은 ‘도파(DOPA)’라는 변형된 아미노산입니다. 익히 아시다시피, 타이로신의 벤젠 고리에 수산화기(-OH)가 하나 더 붙는 Hydroxylation(수산화)이 일어나면서, 두 개의 수산화기를 갖게 되는 것입니다. 이 두 개의 수산화기 그룹은 반응성이 매우 뛰어납니다. 덕분에 바위와 같은 표면과 즉각적인 화학 반응을 일으켜 단단히 결합할 뿐만 아니라, 단백질 분자 간의 가교 반응을 유도해 접착제 자체를 견고하게 뭉치게 만듭니다. 물이라는 방해 요소 속에서도 흔들림 없는 접착력을 유지하는 비결은, 바로 이 정교한 분자 단위의 화학적 설계에 있습니다.

Q 홍합 접착 단백질의 가장 큰 한계로 대량생산이 꼽히는데요. 교수님의 연구팀에서는 이를 어떻게 해결하셨는지 궁금합니다.

네, 많은 양의 단백질을 확보하는 데 어려움을 겪었습니다. 1g의 접착 단백질을 얻기 위해 무려 1만 마리의 홍합이 필요했던 것이죠. 현실적으로 대량생산이 불가능한 수치였습니다. 우리 연구팀은 생명공학적인 접근법으로 돌파구를 찾았습니다. 바로 유전자 재설계와 미생물 배양 기술입니다. 단백질은 결국 유전자로부터 만들어집니다. 우리는 자연의 유전자를 이해하고, 이를 공학적으로 재설계하여 미생물에 주입했습니다. 결과는 대성공이었습니다. 유전자 조작 미생물을 배양액 1리터에서 키워내는 것만으로도, 홍합 1만 마리 분량의 접착 단백질을 생산할 수 있게 된 것입니다.

Q 성공적인 대량생산 이후, 이 특별한 접착제는 기존의 풀이나 본드와는 어떻게 다른 쓰임새를 갖게 되었나요?

처음에는 가구용 접착제 등도 고려해 보았으나 경제성이 좋지 않았습니다. 대신 이 소재만이 가진 ‘생분해성’과 ‘인체 무해성’이라는 화학적 장점을 극대화하여 부가가치가 높은 의료용 소재로 눈을 돌렸습니다. 대표적으로 수술용 봉합사를 대체할 수 있습니다. 기존처럼 실로 꿰매면 조직 관통으로 인해 영구적인 흉터가 남지만, 이 접착제를 바르면 체내에서 자연스럽게 분해되며 흉터 없는 재생이 가능합니다. 최근에는 ‘국소적 약물 전달’ 시스템에도 이를 적용하고 있습니다. 전신을 순환하며 부작용을 낳는 기존 약물과 달리, 접착성을 부여한 약물을 질환 부위에만 머물게 하여 적은 양으로도 강력한 치료 효과를 내게 하는 연구를 진행 중입니다.



Q 기존 석유화학 기반 접착제의 문제점을 극복하는 바이오 소재 연구의 선구자로서, 미래 화학 산업의 발전을 위해 화학공학계가 나아가야 할 방향은 무엇이라고 생각하시나요?

화학공학은 본질적으로 '화학 반응이 일어나는 시스템'을 다루는 학문입니다. 과거 석유화학 산업이 거대한 반응 시스템이었다면, 생명체는 아주 작은 세포 안에서 무수한 화학 반응이 일어나는 정교하고 복잡한 시스템이죠. 석유가 고갈된다고 해서 화학공학이 사라지는 것은 아닙니다. 새로운 화학 반응 시스템을 끊임없이 찾아내면 되니까요. 반도체 산업처럼, 배터리, 환경, 전자 소자 등 화학 반응이 존재하는 한 화학공학은 무한히 변신하며 모든 첨단 산업의 심장 역할을 할 것입니다.

Q 정말 멋진 말씀 감사합니다. 끝으로 미래의 화학공학자를 꿈꾸는 학생들에게 한 말씀 부탁드립니다.

화학, 특히 분자 수준의 세계에 관심이 있는 학생들은 주저하지 말고, 화학공학의 길로 오십시오. 분자들의 원리를 단순한 이론에서 끝내지 않고, 이를 응용하여 사람들의 생활을 이롭게 만드는 기술과 제품을 직접 구현해 보고 싶은 친구들이라면 화학공학과 완벽하게 맞을 것입니다.



이렇게 포스텍 화학공학과와 차형준 교수님과의 인터뷰를 마칩니다. 작은 해양생물에서 시작된 호기심이 화학공학과 만나 일상에 기여하는 혁신적인 바이오 소재로 피어나기까지. 이번 인터뷰는 화학공학이 학문을 넘어 우리의 삶을 얼마나 따뜻하고 혁신적으로 변화시킬 수 있는지 깊이 체감할 수 있는 시간이었습니다. 바쁘신 와중에도 귀중한 지혜를 나누어 주신 차형준 교수님께 다시 한번 감사드립니다. 또한 매끄러운 인터뷰 진행과 섭외를 도와주신 강동희, 이동희 알리미님과 오민진, 신기근 입학사정관님께도 감사의 말씀을 드립니다. 마지막으로 멋진 영상을 남겨주신 김승의, 윤은지, 노효찬 감독님께 박수를 보냅니다. 지금까지 포커스 18기 이건우 & 심재인이었습니다!🍀



📺 고통학생 기자단 포커스의 이야기는
2026년 11월 13일 공개됩니다!



위성통신



▶ 2026년 10월 16일,
기획특집을 영상으로 만나보세요!

위성통신은 더 이상 먼 미래의 우주 기술이 아니라, 지상 통신망의 한계를 보완하는 현실적인 인프라로 자리 잡고 있습니다. 2024년 1월 SpaceX¹는 T-Mobile²과 협력해 일반 LTE 스마트폰과 직접 통신할 수 있는 Starlink Direct to Cell 위성을 처음 발사했으며, 2024년 12월 뉴질랜드를 시작으로 2025년 7월에는 미국에서도 위성 문자 서비스가 정식으로 상용화되었습니다. 또한 팔레스타인 가자 지역의 의료 및 피난 시설인 가자 지구의 병원 통신망이 전쟁과 연료 부족으로 파괴되었을 때, SpaceX의 위성 인터넷망인 스타링크가 도입되어 원격 진료 및 외부 연락을 유지하는 데 활용되었습니다. 이처럼 지상 통신망이 불안정한 현장에서도 위성 인터넷은 원격진료와 긴급 연락을 가능하게 하는 수단으로 주목받았습니다. 이번 기획특집에서는 정보가 어떻게 전달되고, 지상국과 위성은 어떻게 통신하며, 나아가 위성끼리 연결되어 우주 인터넷망을 이루는 원리를 차례대로 알아보겠습니다.

① 정보의 전달되는가?

1. 2002년 설립된 미국의 민간 항공우주 제조회사
2. 독일에서 본사를 둔 도이체 텔레콤의 다국적 이동통신 사업
3. ASCII는 문자, 숫자, 기호에 고유한 숫자 값을 대응시키는 대표적인 문자 인코딩의 표준
4. Amplitude Shift Keying, 진폭 편이 변조
5. Frequency Shift Keying, 주파수 편이 변조
6. Phase Shift Keying, 위상 편이 변조
7. Binary Phase Shift Keying, 두 위상으로 1비트를 전송하는 디지털 변조 기술
8. Quadrature Phase Shift Keying, 4개 위상으로 2비트를 전송하는 디지털 변조 기술
9. Quadrature Amplitude Modulation, 위상과 진폭을 결합하여 여러 비트를 전송하는 디지털 변조 기술

우리는 스마트폰으로 보낸 메시지가 곧바로 상대방에게 도착하는 것을 자연스럽게 받아들입니다. 하지만 통신 장비가 실제로 주고받는 것은 문장의 의미가 아니라, 일정한 규칙에 따라 변환된 0과 1의 배열입니다. 이번 쪽지에서는 이 비트열이 반송파에 실려 변조 과정을 거쳐 전자기파의 형태로 전달되는 과정을 살펴보겠습니다.

③ 산업경영공학과 25학번 31기 אלימי 최재민

정보의 표현과 반송파

디지털 회로에서 정보를 0과 1로 표현하는 이유는 회로 안의 트랜지스터가 작은 스위치처럼 동작하기 때문입니다. 트랜지스터가 꺼진 상태와 켜진 상태, 또는 낮은 전압과 높은 전압을 각각 0과 1로 약속하면 회로가 신호를 안정적으로 구분할 수 있습니다. 0 또는 1을 가지는 정보의 최소 단위를 비트라고 하며, 여러 비트가 모이면 문자와 숫자, 이미지의 색과 밝기 등 다양한 정보를 표현할 수 있습니다. 예를 들어 ASCII 코드³에서 대문자 A는 10진수로 나타내면 65이고, 이를 8비트로 나타내면 01000001입니다.

사진이나 영상도 결국 같은 방식으로 처리됩니다. 영상 통화 화면은 픽셀의 밝기와 색으로 수치화되고, 압축과 패킷화를 거쳐 작은 데이터 조각으로 나뉩니다. 이렇게 정리된 데이터는 0과 1로 이루어진 비트열로 표현됩니다. 하지만 비트열은 정보를 나타내는 방식일 뿐, 그 자체가 멀리 떨어진 곳까지 이동할 수 있는 물리적인 신호는 아닙니다. 따라서 위성처럼 멀리 떨어진 수신기까지 정보를 보내기 위해서는, 이 비트열을 전자기파라는 물리적 매개체에 실어 보내야 합니다.

이때 정보를 실어 나르는 기본 파동을 반송파라고 합니다. 안테나에 시간에 따라 변하는 전류가 흐르면 변화하는 전기장과 자기장이 만들어지고, 이 에너지가 전자기파의 형태로 공간에 방사됩니다. 통신기 안의 한 지점에서 보면 반송파는 보통 다음과

같이 나타낼 수 있습니다.

$$s(t) = A \cos(2\pi f_c t + \Phi)$$

A: 진폭, f_c : 주파수, Φ : 위상

즉 통신은 이 파동의 진폭과 주파수, 위상 등을 조절해 정보를 실는 과정입니다.

변조: 비트열을 신호 상태로 바꾸는 과정

통신에서는 비트열에 맞추어 반송파의 성질을 바꾸어 정보를 실는데, 이를 변조라고 합니다. 진폭을 바꾸면 ASK⁴, 주파수를 바꾸면 FSK⁵, 위상을 바꾸면 PSK⁶라고 부릅니다. 예를 들어 0과 1에 서로 다른 진폭이나 위상을 대응시키면, 수신기는 도착한 신호가 어느 약속된 상태에 가까운지를 보고 비트를 읽어낼 수 있습니다. 실제 디지털 통신에서는 하나 이상의 비트를 하나의 심볼에 대응시켜 전송합니다. 이때 한 번에 보내기로 약속한 하나의 신호 상태를 심볼이라고 합니다. 심볼이 2개라면 한 심볼에 1비트를, 심볼이 4개라면 00, 01, 10, 11 네 조합을 표현해 2비트를 담을 수 있습니다. 일반적으로 심볼의 개수가 M개이면 한 심볼에는 $\log_2 M$ 의 비트를 담을 수 있습니다. 같은 속도로 심볼을 보내더라도 하나의 심볼에 더 많은 비트를 담으면 전체 데이터 전송률은 높아집니다. 이러한 원리를 근거로 하는 대표적인 디지털 변조 방식으로는 반송파의 위상을 변화시키는 BPSK⁷와 QPSK⁸, 그리고 진폭과 위상을 조합해 여러 신호 상태를 표현하는 QAM⁹ 등이 있습니다.

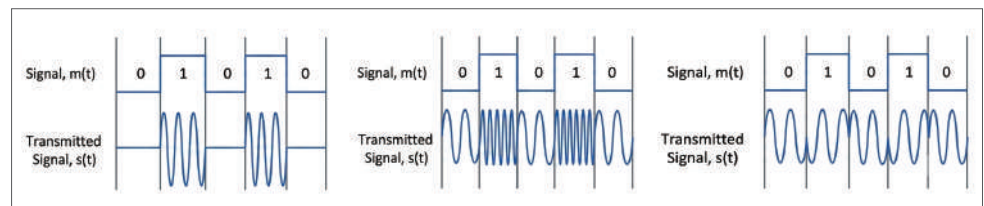


그림 1. ASK, FSK, PSK에서 반송파의 진폭·주파수·위상이 각각 달라지는 방식

BPSK, QPSK, QAM과 성상도

BPSK는 가장 단순한 위상 변조 방식입니다. 두 개의 심볼 상태를 사용하며, 두 신호는 서로 180도 다른 위상을 가집니다. 한쪽 위상을 비트 0, 반대쪽 위상을 비트 1에 대응시키면 수신기는 들어온 신호가 어느 쪽 위상에 더 가까운지를 보고 비트를 판단합니다. 신호 상태를 점으로 나타내는 성상도에서는 두 심볼이 서로 멀리 떨어진 두 점으로 나타나므로 잡음에는 비교적 강하지만, 한 번에 1비트만 보낼 수 있습니다.

QPSK는 BPSK와 똑같이 위상만 바꾸는 방식이지만, 네 개의 위상 상태를 사용합니다. BPSK가 두 위상으로 0과 1을 구분했다면, QPSK는 서로 다른 네 위상에 00, 01, 10, 11과 같은 2비트 조합을 대응시켜 같은 심볼 전송률에서도 BPSK보다 더 많은 비트를 전달할 수 있습니다.

그러나 위상 상태만 계속 늘리는 데에는 한계가 있습니다. 위상만 바꾸는 방식에서는 성상도 위의 점들이 같은 원 위에 놓입니다. 점의 수가 많아질수록 한 원 위에서 이웃한 점 사이 간격이 좁아져 수신기가 두 점을 구분하기 어려워집니다. 이를 보완하기 위해 위상뿐 아니라 진폭까지 함께 바꾸는 방식이 필요한 것입니다.

QAM은 반송파의 위상과 진폭을 동시에 변화시켜 심볼을 표현하는 방식입니다. 따라서 같은 위상이라도 진폭이 다르면 다른 심볼이 되고, 같은 진폭이라도 위상이 다르면 또 다른 심볼이 됩니다. 결과적으로 성상도¹⁰ 위에 더 많은 점을 배치할 수 있어 하나의 심볼에 더 많은 비트를 담을 수 있습니다.

이를 좌표평면에서 보기 위해 반송파를 서로 직교하는 I 성분과 Q 성분으로 나누어 생각합니다.

$$s(t) = I \cos(2\pi f_c t) - Q \sin(2\pi f_c t)$$

$$I = A \cos \Phi, \quad Q = A \sin \Phi$$

$$A = \sqrt{I^2 + Q^2}$$

위와 같이 삼각함수의 덧셈정리를 이용하여 반송파를 I 성분과 Q 성분의 조합으로 표현할 수 있으며, 성상도에서 원점과 점 사이의 거리는 진폭, 가로축과 이루는 각도는 위상을 뜻합니다. 즉 성상도의 각 점은 송신기가 선택한 진폭과 위상의 조합입니다.

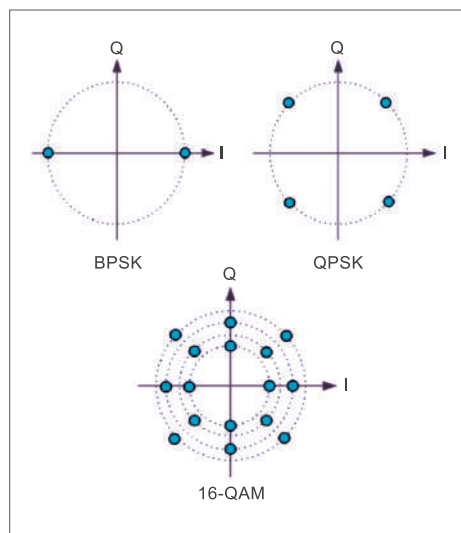


그림 2. BPSK·QPSK와 16-QAM의 성상도

예를 들어 16-QAM은 성상도 위의 16개 점에 0000부터 1111까지의 4비트 조합을 대응시킵니다. 따라서 한 번의 심볼 전송으로 4비트를 보낼 수 있어 BPSK나 QPSK보다 전송 효율이 높습니다. 다만 점의 수가 많아질수록 점 사이 간격은 좁아지므로, 수신기가 각 점을 정확히 구분하려면 더 명확한 신호가 필요합니다.

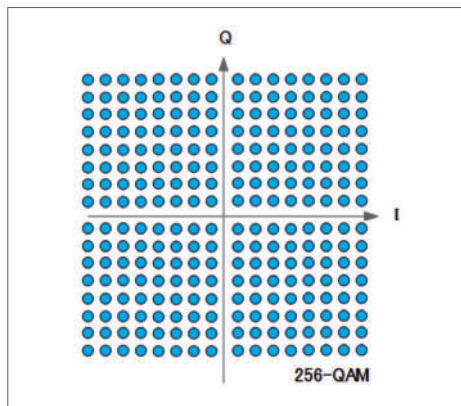


그림 3. 256-QAM의 성상도

따라서 QAM의 핵심은 많은 점을 찍는 것만이 아니라, 제한된 전력과 잡음 속에서도 수신기가 점들을 안정적으로 구분할 만큼 거리를 확보하는 데 있습니다. 전송 효율을 높이기 위해 점을 촘촘히 배치할수록 오류 가능성도 커지므로, 변조 방식은 속도와 안정성 사이의 균형을 고려해 선택합니다.

11. 변조 방식에서 사용하는 심볼의 개수. 16-QAM은 16개의 심볼을 사용하므로 16차 변조이며, 차수가 높을수록 전송 효율은 높아지지만 잡음에는 더 민감해짐

SNR과 변조 방식의 선택

이 균형을 결정하는 중요한 기준이 SNR(Signal-to-Noise Ratio), 즉 신호 대 잡음비입니다. 우주 공간을 지나온 전자기파는 거리가 멀어질수록 세기가 약해지며, 수신 과정에서 수신기의 열잡음과 주변 간섭이 함께 더해집니다. 수신 신호 r 는 성상도 상의 점 a 에 잡음 n 이 더해진 것으로, 이를 $r = a + n$ 으로 볼 수 있습니다. SNR이 낮으면 수신된 점들이 넓게 퍼져 서로 구분하기 어려워지고, SNR이 높으면 점들이 기준점 근처에 모입니다.

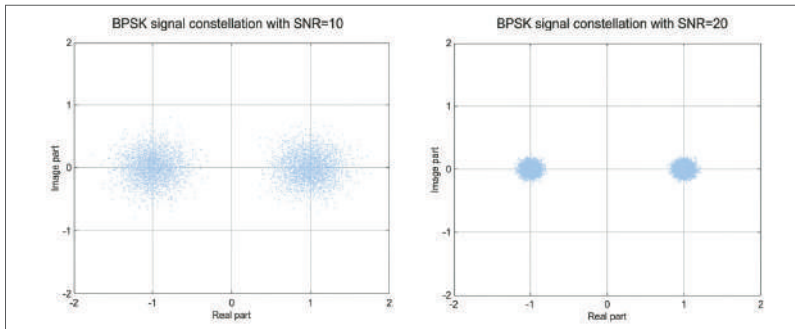


그림 4. SNR에 따른 수신점 분포

수신기는 도착한 점이 어느 기준점에 가장 가까운지를 보고 심볼을 판정합니다. 하지만 SNR이 낮아 점구름이 넓게 퍼지면, 원래 00이었던 심볼이 경계를 넘어 01이나 10에 더 가까운 위치로 이동할 수 있습니다. 이 경우 수신기는 규칙대로 판단했더라도 잘못된 비트를 읽습니다. 반대로 SNR이 높으면 더 높은 차수¹¹⁾의 변조 방식도 사용할 수 있습니다. 이 관계는 새넨-하틀리 정리로도 설명됩니다. 대역폭 B 를 가진 잡음 채널에서 오류 없이 전달할 수 있는 이론상 최대 전송률은 $C = B \log_2(1 + \frac{S}{N})$ 입니다. 여기서 C 는 채널 용량, B 는 대역폭, S/N 은 신호 대 잡음비입니다. 이 식은 같은 대역폭에서도 SNR이 높을수록 더 많은 정보를 안정적으로 보낼 수 있음을 보여줍니다.

따라서 위성 통신에서는 링크 상태에 따라 변조 방식을 바꾸어 사용합니다. SNR이 충분히 확보될 때는 16-QAM이나 64-QAM처럼 한 심볼에 많은 비트를 담는 방식을 사용할 수 있습니다. 반대로 신호가 약하거나 잡음이 큰 상황에서는 BPSK

나 QPSK처럼 성상도에서 점 사이의 거리가 비교적 먼 방식을 사용해 안정성을 높입니다.

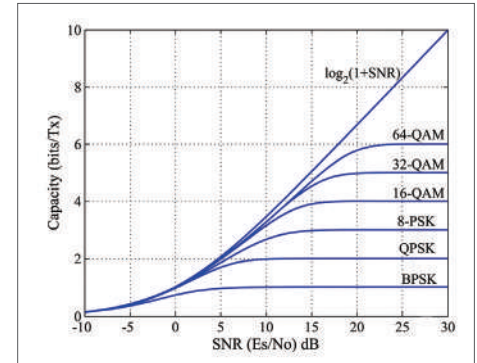


그림 5. SNR과 채널 용량 및 변조 방식의 관계

이처럼 우리가 주고받는 문자와 영상은 비트열과 심볼을 거쳐 전자기파의 형태로 바뀌어 전달됩니다. 하지만 우주 공간을 지나는 동안 신호는 약해지고 잡음이 섞이기 때문에, 정보를 정확히 전달하려면 신호를 더 강하고 정밀하게 보내는 기술이 필요합니다. 다음 꼭지에서는 이 전자기파가 지상국과 저궤도 위성 사이를 어떻게 오가며 안정적인 통신을 유지하는지 살펴보겠습니다. ☺

[그림 출처]

- 그림 1. Circuit Design, Inc. "Digital modulation." *RF Design Guide*. n.d. https://www.cdt21.com/design_guide/digital-modulation
- 그림 2-3. Consultative Committee for Space Data Systems. *Bandwidth-Efficient Modulations-Summary of Definition, Implementation, and Performance*. Informational Report, Issue 3, CCSDS 413.0-G-3. Washington, DC: CCSDS, 2018. <https://ccsds.org/Pubs/413x0g3e1.pdf>
- 그림 4. Lee, Gwo-Ruey. "OFDM Transmission over Gaussian Channel." *SlideServe*. November 15, 2014. <https://www.slideserve.com/imani-key/ofdm-transmission-over-gaussian-channel>
- 그림 5. Kelsey, Lewis. "Are Capacity and Spectral Efficiency Identical for a Discrete-Time Digital Signal?" *Signal Processing Stack Exchange*. October 2, 2020. <https://dsp.stackexchange.com/questions/70664/are-capacity-and-spectral-efficiency-identical-for-a-discrete-time-digital-signal>

[참고 자료]

- 1. 그림 2-3과 동일한 출처
- 2. Simon, Marvin K. *Bandwidth-Efficient Digital Modulation with Application to Deep-Space Communications*. Deep-Space Communications and Navigation Series, Monograph 3. JPL Publication 00-17. Pasadena, CA: Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, 2001. <https://descanso.jpl.nasa.gov/monograph/series3/complete1.pdf>
- 3. 그림 4와 동일한 출처
- 4. 그림 5와 동일한 출처

이전 쪽지에서는 정보가 파동의 형태로 전달되는 기본적인 원리와 신호의 품질을 평가하는 지표인 SNR에 대해서 살펴보았습니다. 이번 쪽지에서는 먼 거리로 인한 신호 손실과 그로 인한 저궤도 위성의 등장, 움직이는 위성을 향한 빔 제어, 그리고 고속 이동으로 인한 문제를 극복하는 도플러 보정과 핸드오버에 대해 살펴보겠습니다.

㉓ 무은재학부 26학번 32기 알리미 김한음

정지궤도 위성의 한계 및 저궤도 위성의 등장

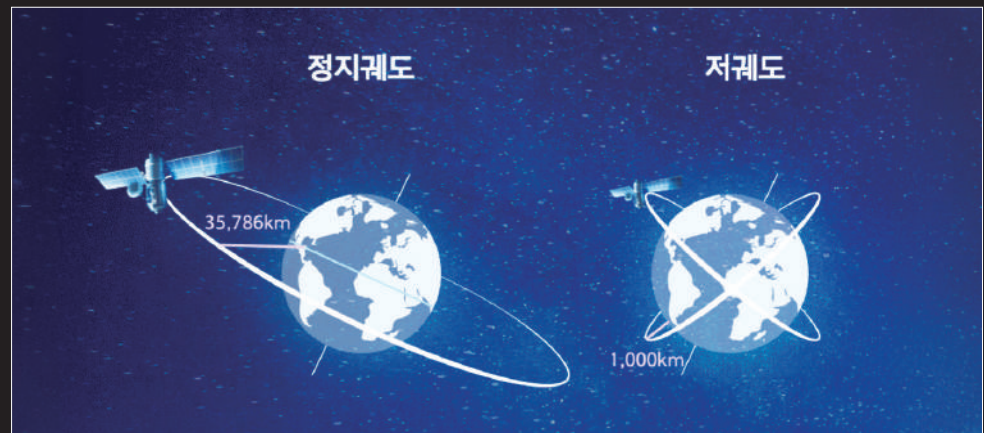


그림 1. 정지궤도 위성과 저궤도 위성의 차이

정지궤도 위성(Geostationary Earth Orbit, GEO)은 적도 상공 약 35,786km에서 지구 자전과 같은 주기로 공전하여 항상 정지해 있는 것처럼 보이는 위성입니다. 안테나 방향을 고정할 수 있다는 장점이 있지만, 높은 고도에 위치해 신호 전달 과정에서 큰 손실이 발생합니다.

$$P_r = S \times A_e = \left(\frac{P_t G_t}{4\pi R^2} \right) \times \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} G_r \right)$$

수신 안테나의 수신 전력 P_r 은 수신 지점의 전력 밀도와 수신 안테나의 유효 개구면적¹의 곱으로 나타낼 수 있습니다. 여기에 송신 안테나와 수신 안테나의 이득을 반영하면 두 안테나 사이의 수신 전력을 나타내는 Friis 전송식을 얻을 수 있습니다. 이때 송수신 전력 P_r , P_t 와 안테나 이득 G_r , G_t 를 제외하고 오직 전파가 날아가는 공간에 의해 발생하는 손실만 묶어낸 $\left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2$ 을 공간 손실 인자

라 합니다. 이 공간 손실 인자에 역수를 취하고 데시벨(dB)² 단위로 변환함으로써 자유 공간에서의 전파 손실을 나타내는 자유공간 경로 손실(Free Space Path Loss, FSPL)을 정의할 수 있습니다.

$$FSPL[dB] = 10 \log_{10} \left(\left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2 \right)$$

위 식에 따르면 손실이 거리 R 의 제곱에 비례해 증가하므로, 거리가 먼 GEO는 전파 손실이 큼니다. 이러한 전파 손실 문제를 극복하기 위해 지표면에서 약 2,000 km 이하의 고도에서 운용되는 저궤도 위성(Low Earth Orbit, LEO)이 등장했습니다. 하지만 LEO는 낮은 궤도에서 빠르게 움직이기 때문에 안테나를 고정해 둘 수 없으며, 통신을 끊김 없이 유지하기 위해서는 움직이는 위성을 지속적으로 추적할 수 있는 안테나 기술이 필요합니다.

1. 안테나로 입사되는 전자기파의 전력 밀도에서 최대의 수신 전력을 추출해낼 수 있는 수신 면적
2. 소리, 전기, 전파 등에서 두 값의 비율을 상용로그로 나타내는 상대적인 측정 단위

3. $E(r, t) = E_0 \cos(kr - \omega t + \phi)$
4. 입력 전자기 신호의 진폭을 크게 변경하지 않고 제어된 시간 지연 또는 위상차를 도입하여 정밀하게 빔의 위상을 조절하는 장치

빔포밍 원리를 활용한 위상배열 안테나

고속으로 궤도를 돌고 있는 LEO의 신호를 끊김 없이 수신하기 위해, 전파를 특정 방향으로 중첩시켜 송수신하는 빔포밍 기술이 사용됩니다. 그렇다면 빔포밍 과정에서 전자기파 신호는 어떻게 특정한 방향으로 증폭될까요? 앞서 살펴본 전자기파의 기본 식³에 오일러 공식($e^{j\theta} = \cos\theta + j \sin\theta$)의 실수부인 $\cos$ 성분만 고려하면, $E = E_0 \cos(kr - \omega t + \phi)$ 형태로 나타낼 수 있습니다.

이 식을 바탕으로 동일한 안테나 소자들이 중심으로부터 일정 거리만큼 떨어져 대칭으로 배치된 시스템을 가정했을 때, 원거리의 한 지점에서 관측되는 총전파는 각 안테나 소자가 만드는 전파를 단순히 합한 것과 같습니다. 이때 안테나 소자에 입력되는 전류 I_0 에 안테나 소자 간의 거리(r)와 인위적인 위상차(β)의 관계식을 결합해 방사되는 전자기파의 위상과 세기를 제어할 수 있습니다.

$$E_t = E_1 + E_2$$

$$= \hat{a}_\theta j \eta \frac{k I_0 d}{4\pi} \left\{ \frac{e^{-j[kr_1 - (\frac{\beta}{2})]}}{r_1} \cos\theta_1 + \frac{e^{-j[kr_2 + (\frac{\beta}{2})]}}{r_2} \cos\theta_2 \right\}$$

동일한 안테나 소자가 N개 있는 상황에서, 총전파는 패턴 곱 원리를 통해 계산될 수 있습니다. 여기서 패턴 곱 원리란 방사소자 1개의 전파 신호와 소자별 위상 차이에 의한 간섭 효과를 모두 더한 배열 인자 패턴 함수(Array Factor)의 곱이 총 전파 신호임을 나타낸 원리입니다. 이때 배열 인자 패턴 함수를 곱해줌으로써 특정 방향으로 증폭된 전파 신호를 형성할 수 있게 됩니다.

$$E(\text{total}) = [E(\text{single element at reference point})] \times [\text{array factor}]$$

이러한 빔포밍의 원리를 적용해 LEO의 신호를 제어하는 위상배열 안테나가 핵심 대안으로 등장했습니다. 위상배열 안테나는 여러 안테나 소자를 배열할 때 발생하는 파동의 간섭 현상을 활용하여, 기계적으로 안테나를 돌리지 않고 전기 신호로 전자기파의 방향을 제어하는 기술입니다. 특정 방향에서 들어오는 전파는 각 안테나 소자에 도달하는 경로가 달라 위상차가 발생하는데 이를 위상 변환기(Phase Shifter)⁴를 통해 정렬 및 제어할 수 있습니다.

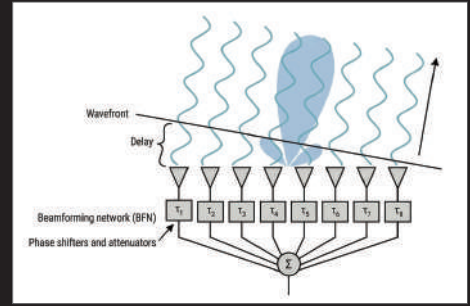


그림 2. 위상 배열 안테나 모델

위상 변환기는 k 를 파수, d 를 안테나 소자 간격이라 할 때, 안테나 소자 간의 경로차 $d \cdot \cos\theta$ 로 인해 발생하는 위상차에 인위적인 위상 변화량 β 를 더해 총 위상차 $\psi = kd \cdot \cos\theta + \beta$ 를 조절함으로써, 안테나 배열의 지향성을 결정하는 배열 인자 패턴 함수를 형성하는 장치입니다. 최종 신호의 크기와 방향은 각 소자의 위상이 ψ 만큼 회전하며 중첩되는 원리로 결정됩니다. 따라서 위상 변환기로 β 를 조절하면 보강 간섭을 유도해 다양한 위치로 이동하는 LEO를 따라서 전파 신호를 원하는 방향으로 조준할 수 있습니다.

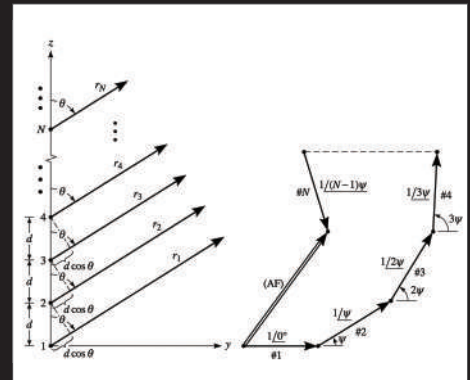


그림 3. 선형 배열 안테나의 위상차 기반 빔포밍 도식

도플러 보정과 Handover

하지만 여러 위치의 저궤도 위성 신호를 받아들이는 것만으로는 안정적인 통신이 이루어지지 않습니다. 초고속으로 공전하는 LEO와 지상 고정 안테나 사이에는 상대운동으로 인해서 주파수가 변하는 도플러 효과가 발생합니다. 위성과 지상국 간의 상대운동으로 반송파 주파수 오차(Carrier

Frequency Offset, CFO)⁵가 생기고, 이 오차는 수신 신호의 위상을 시간에 따라 변하게 만들어 성상도 위의 점들이 회전하는 것처럼 보이게 합니다. 따라서 수신기가 기존 심볼 위치를 정확하게 판정하지 못해 통신 오류율이 높아집니다.

$$f_{\text{관측}} = f_{\text{발원}} \frac{v_{\text{관측속도}}}{(v_{\text{발원속도}} \pm v_{\text{관측속도}})} \quad (\text{점근: -, 멀어짐: +}), \Delta f = \frac{\Delta v}{c} f_0$$

이를 해결하기 위해 위성과 수신부 측에서 단계별로 주파수를 보정합니다. 먼저 위성은 지상을 여러 개의 통신 영역인 Cell로 나눈 뒤, Cell의 중심 좌표와 자신의 위치를 기반으로 도플러 편이를 미리 보정해 전파를 보내는 위성 측 보정을 수행합니다. 이후 실제 단말 위치와 Cell 중심의 차이, 주파수 추정 오차 등으로 남는 잔류 도플러는 수신 측 보정을 통해 줄입니다. 이때 수신기는 성상도가 얼마나 회전했는지 추정하고, 이를 반대 방향으로 보정해 수신된 점들이 원래 심볼 위치에 가까워지도록 만듭니다.

$$r_{ML}[k] = r[k] \exp [-j(2\pi\hat{\epsilon}_{ML} \cdot k)]$$

또한, LEO는 초고속 공전으로 인해 지상에서의 가시 시간이 5~10분에 불과해, 연결을 끊임 없이 다음 위성으로 전환하는 핸드오버 기술이 필수적입니다. 이 기술은 통신 중인 위성이 시야에서 사라지거나 신호가 약해질 때 통신 경로를 전환하는 역할을 하며, 크게 단일 위성 내부에서 발생하는 Spotbeam 핸드오버와 서로 다른 위성 간에 이루어지는 Satellite 핸드오버로 분류됩니다.

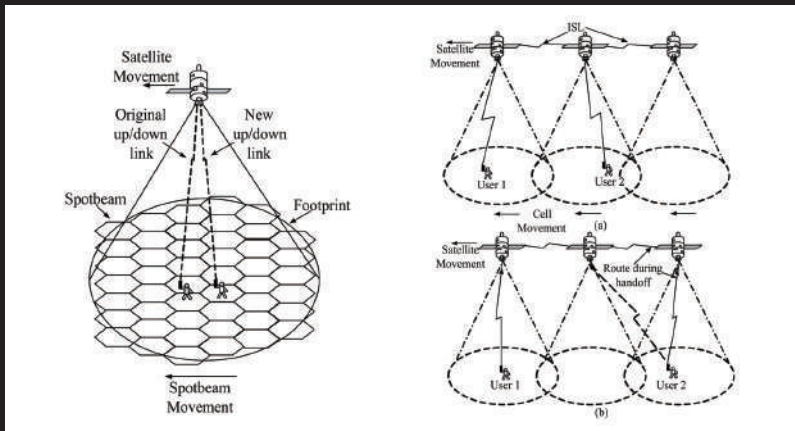


그림 4. Spotbeam 핸드오버와 Satellite 핸드오버 모델

Spotbeam 핸드오버는 하나의 위성이 만드는 Cell의 경계에서 연결을 원활하게 전환하는 기술로 약 1~2분마다 빈번하게 일어납니다. 반면, Satellite 핸드오버는 기존 위성과의 연결을 끊은 뒤 새 위성으로 넘어가는 hard 핸드오버와, 두 위성과의 연결을 잠시 함께 유지하다가 전환하는 soft 핸드오버 방식으로 나눌 수 있습니다.

이처럼 지상국은 위성과 끊임없이 통신을 주고받기 위해 위성을 정밀하게 추적하고 신호를 보정하는 기술을 발전시켜 왔습니다. 그러나 지상국과 위성 사이의 연결만으로는 모든 지역을 안정적으로 연결하기 어렵고, 데이터가 결국 지상국을 거쳐야 한다는 한계도 남습니다. 다음 꼭지에서는 이러한 한계를 넘어 위성들이 서로 직접 데이터를 주고받는 위성 간 링크(Inter-Satellite Link, ISL)를 살펴해보겠습니다! 📡

[그림 출처]

- 그림 1. 한화그룹. “지구를 바라보는 뉴스페이스 시대의 눈” 한화저널. 2024년 6월 7일. <https://www.hanwha.co.kr/newsroom/discover/view.do?seq=13542>
- 그림 2. Keysight. “Designing Phased Arrays: Key Principles, Challenges, and Solutions.” *Keysight Blogs*. November 12, 2025. <https://www.keysight.com/blogs/en/tech/sim-des/designing-phased-arrays-key-principles-challenges-and-solutions>
- 그림 3. Balanis, Constantine A. *Antenna Theory: Analysis and Design*. 4th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2016.
- 그림 4. Pulak K. Chowdhury, Mohammed Atiquzzaman and William Ivancic. “Handover Schemes in Satellite Networks: State-of-the-Art and Future Research Directions”, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, Vol. 8, no. 4 (2006): 21 - 50.

[참고 자료]

- 정보통신기술용어해설. “FSPL” 「정보통신기술용어해설」. 2023년 6월 12일. <http://www.ktword.co.kr/test/view/view.php?no=841>
- 그림 3과 동일한 출처
- 이희원, 하태식, 윤원상, 김영재, 김성호. “한반도 지역에서의 저궤도 위성 통신 시스템의 도플러 편이 분석 및 보상 방안” *한국정보기술학회논문지* 21, no. 4 (2023년 4월): 75-83. <https://ki-it.com/xml/36446/36446.pdf>
- 정보통신기술용어해설. “도플러 효과” 「정보통신기술용어해설」. 2026년 2월 5일. <http://www.ktword.co.kr/test/view/view.php?no=2621>
- 그림 4와 동일한 출처

지금까지는 지상과 위성 사이의 전파 통신을 다뤘다면, 이제는 위성끼리 직접 연결하는 ‘우주 인터넷망’에 주목할 때입니다. 이번 꼭지에서는 전 지구를 하나의 거대한 네트워크로 묶는 핵심 기술인 위성 간 링크(ISL)와 초정밀 제어 기술인 PAT(Pointing-Acquisition-Tracking)에 대해 알아보겠습니다.

③ 전자전기공학과 25학번 31기 אלימי 황하권

지상국 중심 통신의 한계

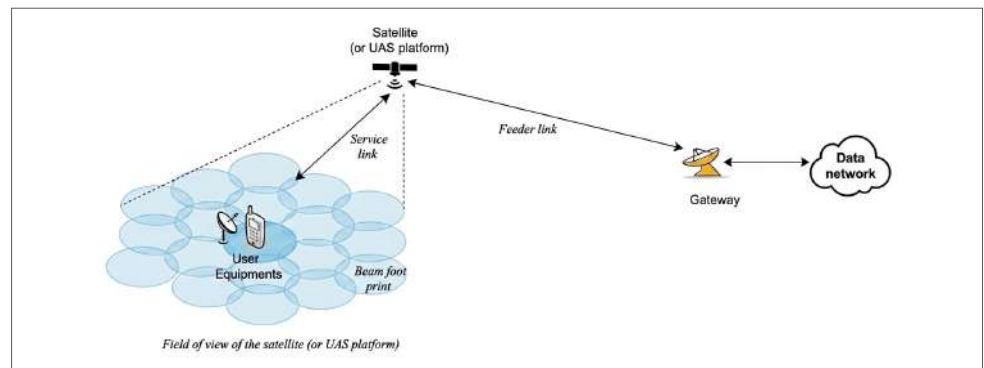


그림 1. 투명형 페이로드 모델

초기의 저궤도 위성 인터넷이 채택한 기본 구조는 투명형 페이로드(Transparent Payload)입니다. 해당 구조는 위성이 지상의 단말기로부터 전송되는 전파 신호를 받아 주파수를 변환하고 감쇠된 신호를 증폭한 뒤, 지상국으로 반사해 주는 일종의 거울 역할을 수행합니다. 즉, 위성은 신호를 복조하여 내용을 해석하지 않은 채 변조된 파형을 그대로 전달하며, 신호가 이동하는 경로는 지상 단말기, 저궤도 위성, 지상국, 인터넷망의 순서를 따릅니다. 그러나 이러한 방식에는 치명적인 한계가 존재합니다. 그것은 위성이 지상의 단말기와 지상국을 동시에 바라보고 있어야만 통신 네트워크가 성립한다는 구조적 제약입니다.

위성 간 링크

기존 투명형 페이로드 방식의 한계를 극복하기 위해 제안된 기술이 바로 위성 간 링크(Inter-Sat-

ellite Link, ISL)입니다. 신호를 바로 지상국으로 전송할 수 없다면, 인접한 위성으로 데이터를 보내 새로운 통신 경로를 개척하여 지구 전체를 거대한 통신망으로 통합할 수 있습니다. 하지만 신호를 해석하지 않고 그대로 중계하는 기존의 투명형 방식만으로는 위성 자체가 데이터의 목적지를 판단해 다른 위성으로 전달하기 어렵습니다. 따라서 위성 자체에서 신호를 처리하고 경로를 결정하려면 재생형 페이로드(Regenerative Payload) 방식이 활용될 수 있습니다.(뒷장 그림 2 참고)

해당 방식을 탑재한 위성은 기존의 위성과 달리 지상에서 온 전파를 단순히 증폭하는 데 그치지 않고, 디지털 신호로 복조¹하고 복호화²하여 내용을 해석합니다. 그러면 전파가 대기권을 통과하며 섞여 들어온 잡음이 걸러지고, 복호 과정에서 오류까지 정정된 깨끗한 디지털 데이터만 남게 됩니다. 위성은 이 재생된 데이터의 목적지 주소를 확인한 뒤, 인접한 위성을 향해 새롭게 변조하여 신호를 발사합니다.

1. 전파에 실린 신호에서 원래의 디지털 데이터 (0과 1)를 되찾는 과정
2. 암호화되거나 압축된 데이터를 원래의 정보 형태로 되돌리는 데이터 처리 과정

3. 중심 전파 축으로부터 공간상으로 방사형 원
 별 형상을 그리며 에너지 밀도가 확장 및 분
 산되는 기하학적 각도 범위

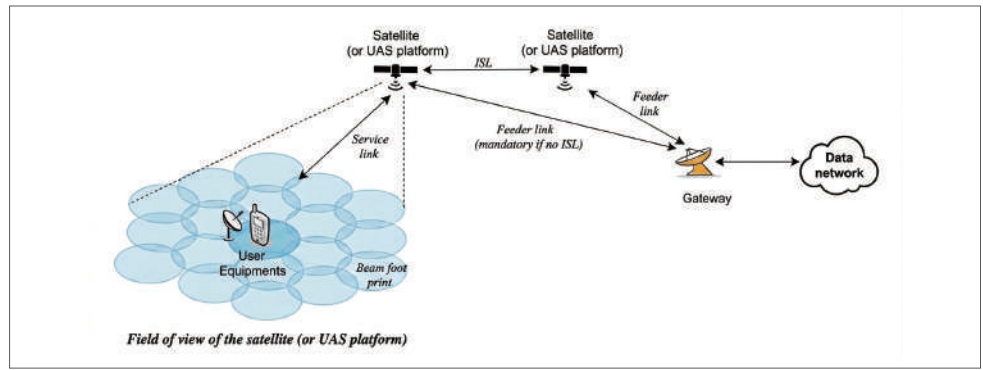


그림 2. 재생형 페이로드 모델

위성은 어떻게 데이터를 주고받는가

그렇다면 재생된 데이터를 다른 위성으로 전송할 때 어떤 물리적 매체를 사용할까요? ISL에서는 전파뿐 아니라 레이저를 이용한 광학 통신 방식도 사용됩니다. 제어하기 까다로운 레이저를 위성 간 연결의 수단으로 채택하는 배경에는 회절 현상이 자리 잡고 있습니다. 전자기파가 위성의 안테나를 통과할 때 파동은 직진하지 못하고 주변 공간으로 퍼지게 됩니다. 이 과정에서 파동은 중심부가 가장 밝고 주변부로 갈수록 명암이 반복되는 고리 모양의 회절 패턴을 형성하게 됩니다. 이에 따라 위성에서 발사된 빔은 원뿔 모양으로 퍼지면서 나아가는데, 이 원뿔이 양옆으로 벌어지는 사각도³인 발산각(θ)은 파장(λ)과 안테나의 구경(D)을 매개변수로 하여 다음과 같이 나타냅니다.

$$\theta = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

즉, 전자기파의 파장이 짧고 구경이 클수록 신호가 직진성을 유지함을 의미합니다. 위성통신에 쓰이는

는 전파와 비교했을 때 통신용 레이저의 파장은 전파보다 수십만 배 이상 짧습니다. 따라서 레이저는 멀리 떨어진 표적 위성을 향해 날아가더라도 빛 에너지가 전파보다 훨씬 좁은 범위에 집중되어 전달될 수 있습니다.

PAT(Pointing-Acquisition-Tracking)

앞서 설명된 날카로운 레이저를 명중시키기 위해서는 정밀한 조준 및 추적 기술이 필요한데, 이를 가능하게 만드는 것은 PAT(Pointing-Acquisition-Tracking) 기술입니다. 첫 번째 단계인 Pointing에서는 상대 위성을 조준할 수 있도록 대략적인 방향을 찾아냅니다. 이때 레이저가 이동하는 동안에도 상대 위성은 고속으로 이동하므로, 상대 위성이 이동해 있을 위치를 예측하여 미리 조준해야 합니다. 이를 위해 자신과 상대 위성의 상대적 위치 관계를 수학적 동역학 모델로 계산하고, 예측값을 기반으로 레이저 송수신기의 방향을 조정합니다.

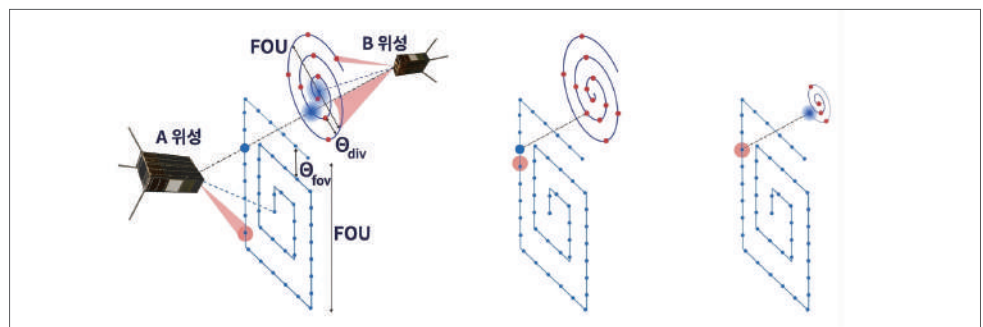


그림 3. Acquisition 단계의 신호 보완적 비대칭 스캔 과정

두 번째 단계인 Acquisition에서는 대략적인 오차 범위 영역을 최적화된 경로로 스캔하여 상대 위성이 보내는 최초의 광학 신호를 포착해 냅니다. ISL을 구축할 때 통신을 시도하는 두 위성은 상호 보완적인 역할을 분담합니다. 그림 3의 A 위성은 오차 범위 영역을 스캔하며 빔을 조사하는 역할을 전담하고, 반대편 B 위성은 A 위성이 보내오는 신호가 자신의 검출기에 들어오는지 감지하기 위해 스캔을 수행합니다.

이때 빔을 쏘아 보내는 A 위성은 좁은 레이저 발산각(θ_{div})에 맞춰 공간을 촘촘하게 훑도록 최적화되어 있습니다. 반대로, 신호를 대기하는 B 위성은 검출기의 넓은 시야각(θ_{fov})을 활용할 수 있도록 넓고 느린 패턴을 그리며 스캔합니다. 이는 두 위성이 임의의 시점에 탐색을 시작하더라도, 각 패턴의 탐색 주기를 다르게 설정해 송신 빔이 상대 위성의 탐색 영역과 만날 확률을 높이는 전략입니다. 마지막 Tracking 단계에서는 위성의 궤도 운동과 내부 진동으로 인한 광축의 비틀림을 억제하여 통신 링크를 계속 유지합니다. 이를 위해 아래의 그림과 같이 끊임없이 오차를 감지하고 수정하는 피드백 루프(Feedback Loop)를 수행합니다.

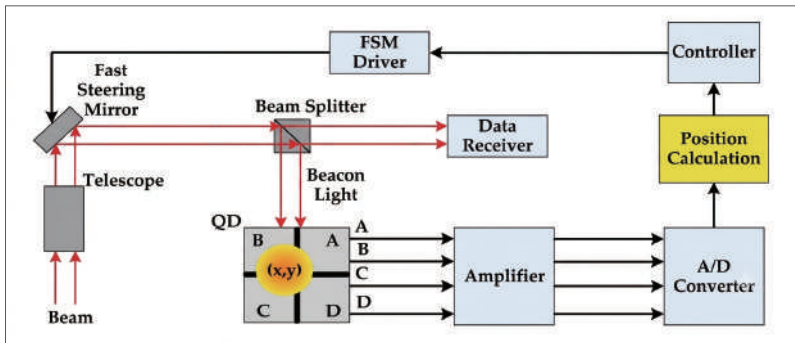


그림 4. Tracking 단계의 피드백 루프

상대 위성에서 날아온 레이저는 수신부 내부의 4분할 포토다이오드 센서(Quadcell)에 상이 맞습니다. 만약 빔이 사분면의 정중앙에서 조금이라도 벗어나면, 사분면을 이루는 4개의 포토다이오드가 각각 감지하는 빛의 양에 차이가 생깁니다. 이때 디지털 제어기는 각 사분면(I_A , I_B , I_C , I_D)의 신호 측정값을 바탕으로 다음과 같은 정규화 수식을 사용하여 X축과 Y축의 오차를 정밀하게 산출합니다.

$$\Delta x = \frac{(I_A + I_D) - (I_B + I_C)}{I_A + I_B + I_C + I_D} ; \Delta y = \frac{(I_A + I_B) - (I_C + I_D)}{I_A + I_B + I_C + I_D}$$

이러한 계산을 거치면 두 위성 사이의 거리에 따라 레이저의 전체적인 밝기가 변하더라도 그 영향을 줄이면서 빔이 중앙에서 얼마나 벗어났는지를 추정할 수 있습니다. 이때 위성의 제어기는 (Δx , Δy) 오차를 통해 고속 구동 거울(Fast Steering Mirror, FSM)을 어느 정도 기울여야 하는지 계산하고, FSM을 미세하게 기울여 각도를 조절합니다. 결과적으로 거울이 기울어지면서 레이저 빛은 다시 Quadcell의 중앙으로 돌아오게 됩니다. 이러한 피드백 루프를 빠르게 반복하여, ISL은 정밀한 조준 상태를 유지하며 데이터를 전송할 수 있습니다.

지금까지 디지털 비트열을 반송파로 변조하여 전송하는 통신 기초부터 지상과 위성 간의 빔포밍 제어, 그리고 위성 간 링크(ISL)를 실현하는 PAT 기술의 메커니즘에 대해 알아보았습니다. 이번 기획특집을 계기로 위성 통신 기술과 이를 가능하게 만드는 차세대 네트워크 혁신에 관심을 가져보는 것은 어떨까요? ●

[그림 출처]

- 그림 1-2. 3GPP, "Solutions for new radio (NR) to support non-terrestrial networks," 3GPP, Tech. Rep. TR 38.821, 2020.
- 그림 3. Rüdendklau, René, Jorge Rosano Nonay, and Georg Schitter. "Automated Design and Validation of Acquisition Patterns for Optical Inter-CubeSat Links." *Proceedings of the Annual Small Satellite Conference*, Logan, UT, August 2024. <https://doi.org/10.15142/fwhp-2g96>
- 그림 4. Li, Qing, Shaaxiong Xu, Jiawei Yu, Lingjie Yan, and Yongmei Huang. "An Improved Method for the Position Detection of a Quadrant Detector for Free Space Optical Communication." *Sensors* 19, no. 1 (January 2019): 175. <https://doi.org/10.3390/s19010175>

[참고 자료]

1. 그림 1과 동일한 출처
2. "5G Satellite Architecture | Transparent and Regenerative Payload", Techplayon, 2025.10.17 <https://www.techplayon.com/5g-satellites-architecture-transparent-regenerative>
3. Grenfell, Peter, Alexa Aguilar, Kerri Cahoy, and Michael Long. "Pointing, Acquisition, and Tracking for Small Satellite Laser Communications." *Proceedings of the Annual Small Satellite Conference*, Logan, UT, 2018.
4. 그림 3과 동일한 출처



2025
노벨 화학상
Nobel Prize in Chemistry 2025



ALFR.
NOBEL

스펀지 같은 마법의 신소재, 금속유기골격체(MOF)가 노벨상을 받기까지

ⓒ 포스텍 환경공학부 송우철 교수

‘드디어 올 것이 왔구나!’

작년 2025 노벨 화학상 수상자가 발표되었을 때, 화학 및 환경공학 분야의 수많은 연구자가 동시에 떠올린 생각일 것입니다. 영광의 주인공은 바로 Susumu Kitagawa (교토대학교), Richard Robson (멜버른대학교), Omar M. Yaghi (캘리포니아 버클리대학교) 교수님이었습니다.

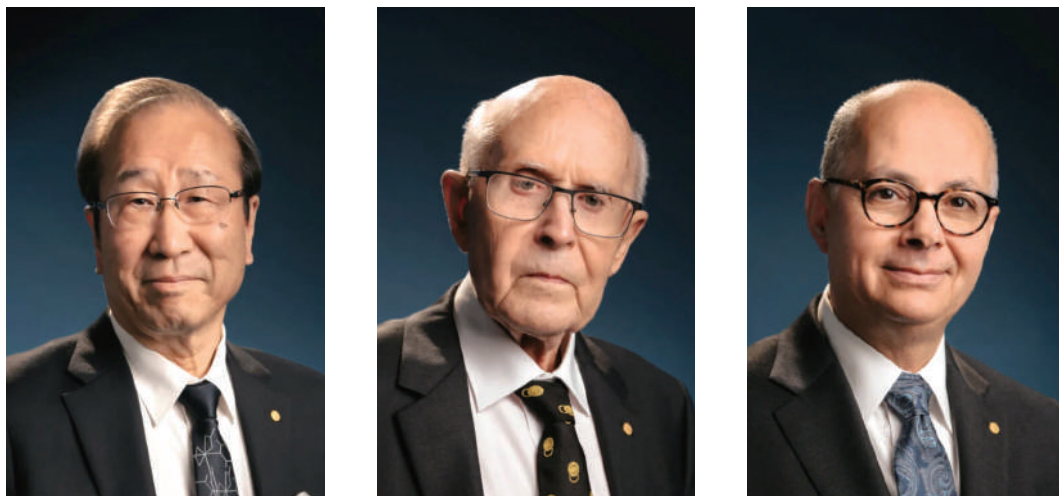


그림 1. 2025 노벨 화학상 수상자. Susumu Kitagawa (좌), Richard Robson (중간), Omar M. Yaghi (우)

최근 노벨상의 수상 흐름을 보면, 인공지능(AI) 분야처럼 세상을 휩쓸며 수상의 영예를 안는 이례적인 사례가 많았습니다. 하지만 이번 금속유기골격체(MOF) 수상은 결이 조금 다릅니다. 대중에게는 다소 낯설었을지 몰라도, 관련 학계에서는 이미 오래전부터 “노벨상을 타는 것은 그저 시간문제일 뿐이다”라고 입을 모아 말해왔기 때문입니다. 저 역시 박사후연구원 시절 Omar M. Yaghi 교수님 연구실에서 이 놀라운 소재를 직접 연구하며 그 압도적인 잠재력을 체감했었기에 감회가 더욱 남달랐습니다. 그렇다면 수많은 과학자들은 왜 이토록 오랜 기간 MOF에 열광해 온 것일까요?

1그램으로 축구장을 덮을 수 있는 마법의 나노 스펀지

MOF(Metal-Organic Framework, 금속유기골격체)라는 이름은 다소 어렵게 들리지만, 원리는 의외로 간단합니다. 단어 그대로 '금속(Metal)' 이온과 '유기물(Organic)'을 연결하여 만든 '뼈대(Framework)' 구조의 물질입니다. 어릴 적 놀이터에서 놀던 정글짐을 떠올려 볼까요? 정글짐의 쇠구슬(꼭짓점)을 금속이라고 하고, 쇠구슬 사이를 잇는 막대를 유기물이라고 상상해 보세요. 이것들을 끊임없이 이어 붙이면 그물망처럼 텅 빈 공간(기공)이 무수히 많은 입체 구조물이 완성됩니다. 눈에 보이지 않는 나노미터(10억 분의 1미터) 세계에서 화학 결합을 통해 이런 정글짐을 만든 것이 바로 MOF입니다.

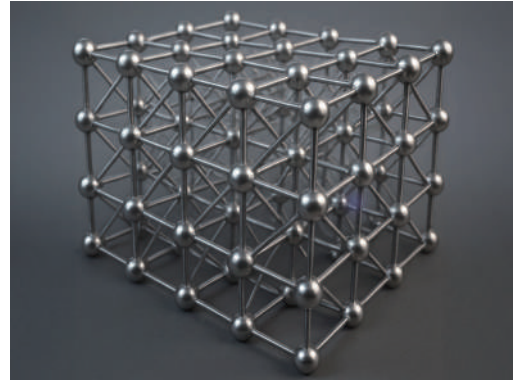
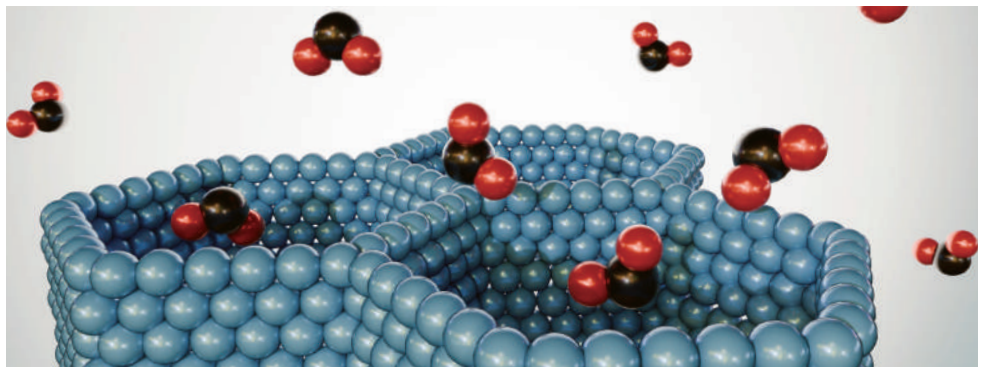


그림 2. 정글짐 구조를 분자 레벨에서 구현한 금속 유기 골격체 (MOF)

이렇게 내부에 텅 빈 방이 많다 보니, MOF는 스펀지처럼 다양한 분자를 내부 기공에 흡착하고 저장하는데 엄청난 능력을 발휘합니다. 놀랍게도 일부 MOF는 단 1그램의 내부 표면적을 모두 펼치면 축구장 하나에 이를 정도로 매우 넓습니다. 현존하는 다공성 소재 가운데 매우 높은 표면적을 갖는 대표적인 물질인 셈입니다.

분자를 낚는 맞춤형 그물, 망상 화학의 탄생 (Reticular Chemistry)

MOF가 단순히 구멍만 많은 물질이었다면 최고의 찬사를 받지는 못했을 것입니다. 이 신소재의 진정한 위력은 바로 '우리가 원하는 대로 설계하고 조립할 수 있다'라는 점에 있습니다. 기존의 다공성 물질은 구조와 기공을 원하는 대로 설계하는 데 상대적으로 제약이 있었습니다. 하지만 MOF는 레고 블록을 조립하듯, 금속과 유기물의 종류를 바꿔가며 구멍의 크기와 모양, 화학적 성질을 폭넓게 조절할 수 있습니다. 예를 들어, 지구 온난화의 주범인 이산화탄소만 쏙쏙 골라내고 싶다면, 이산화탄소 분자 크기에 딱 맞고 이산화탄소가 좋아하는 성질을 띠도록 조립하면 됩니다. 특정한 분자만 낚을 수 있는 '맞춤형 분자 뜰채'를 인간의 손으로 직접 만들어낸 것입니다.



인류의 위기를
구원할 신소재:
기후 변화 대응부터
기적의 물 확보까지



현재 전 세계의 수많은 과학자들은 MOF를 활용해 지구온난화와 환경오염 같은 기후 위기를 해결하기 위해 치열하게 연구하고 있습니다. 특히 환경과 에너지 분야에서 MOF는 인류의 미래를 바꿀 핵심 열쇠로 주목 받고 있습니다. 가장 대표적인 분야가 바로 ‘탄소 포집(Carbon Capture)’ 기술입니다. 화력발전소나 공장 에서 배출되는 매연에는 엄청난 양의 온실가스가 섞여 있습니다. 과학자들은 대표적인 온실가스인 이산화 탄소 분자만 쏙쏙 골라내어 가두는 특수한 MOF 필터를 연구하고 있습니다. 굴뚝 끝에 이 필터를 장착해 이 산화탄소가 대기 중으로 방출되는 것을 원천 차단하는 것이죠. 기존의 흡착제보다 수천 배 강한 능력 덕분 에, 기후 변화를 막을 강력한 무기로 꼽힙니다.

또 다른 기적 같은 응용 분야는 미래의 생존과 직결된 ‘수자원(Water resources)’ 확보입니다. 기후변화로 인한 가뭄과 물 부족 현상은 더 이상 먼 나라의 이야기나 서서히 다가오는 위협이 아닙니다. 우리나라도 더 이상 안전지대가 아닙니다. 실제로 최근 전남 지역에서는 사상 최악의 가뭄으로 식수원이 고갈될 위기에 처 하면서 특별재난지역 선포가 건의될 만큼 심각한 상황을 겪었습니다. 더욱 충격적인 것은 최근 강릉 지역을 덮친 ‘돌발 가뭄’입니다. 비가 내리지 않고 이상 고온이 지속되면서 불과 몇 주 만에 주요 상수원인 오봉저수 지가 바닥을 드러냈고, 결국 공식적인 가뭄 재난 사태가 선포되기도 했습니다.

이러한 기후위기에 따른 돌발 가뭄은 전 세계 육지의 70% 이상에서 나타나고 있는 심각한 글로벌 트렌드입 니다. 이처럼 물이 메말라가는 극한의 건조 지역이나 재난 상황 속에서도, MOF는 공기 중에 떠다니는 미세 한 수분을 모아 식수로 바꾸는 혁신적인 돌파구가 될 수 있습니다. 밤사이에 건조한 공기 속 수분을 스펀지 처럼 흡착했다가, 낮에 태양열을 받으면 머금고 있던 깨끗한 물을 뿜어내게 하는 방식입니다. 전력 공급마저 끊긴 재난 현장이나 오지에서도 햇빛과 MOF만 있으면 매일 신선한 물을 얻을 수 있게 되는 것입니다. 여기 에 더해 친환경 수소 자동차의 핵심인 ‘수소 에너지 저장’, 그리고 차세대 배터리의 효율을 극대화하는 ‘에 너지 소자’ 연구에 이르기까지, 인류의 지속 가능한 미래를 위한 환경과 에너지 전 분야에서 MOF의 무대는 상상 그 이상으로 넓어지고 있습니다.

기초과학이 그리는
무한한 미래

Omar M. Yaghi 교수님이 MOF라는 이름의 물질을 처음 발표했을 때, 그것이 당장 지구의 기후 위기를 구 하고 사막에서 물을 만들어낼 것이라 예상한 사람은 많지 않았을 것입니다. 그저 ‘분자들을 내 마음대로 조립 해 새로운 구조를 만들어보고 싶다’라는 화학자로서의 순수한 호기심에서 출발한 일이었습니다. 하지만 그 기 초과학의 씨앗은 수십 년간 수많은 연구자의 노력이 더해져, 이제 인류의 미래를 책임질 강력한 무기로 자라 났습니다. 여러분, 교과서에서 배우는 딱딱한 화학식 뒤에는 이처럼 세상을 바꿀 수 있는 엄청난 마법이 숨어 있습니다. 지금 여러분이 쌓아가는 과학적 지식이, 훗날 인류를 위한 혁신의 첫걸음이 되기를 기대합니다. ●

[그림 출처]

그림 1. The Nobel Prize (<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2025/summary/>)

그림 2. UC San Diego Today (<https://today.ucsd.edu/story/metal-organic-frameworks-jungle-gyms-chemistry>)

메타표면 렌즈를 이용한 2D-3D 전환 디스플레이

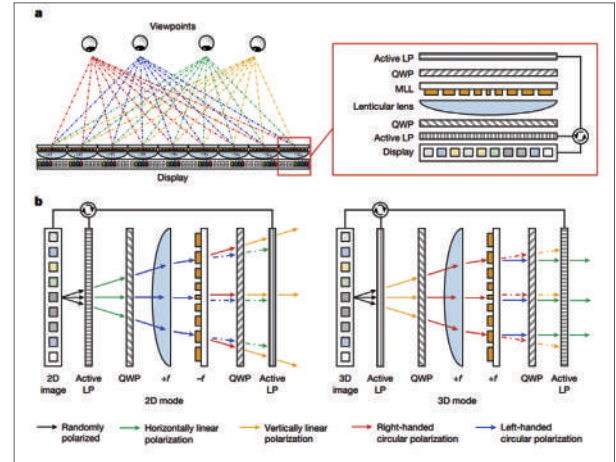
[각주]

1. 부도체가 전기장 속에서 전하를 얼마나 잘 저장하는지를 나타내는 척도
2. 매질이 주어진 자기장에 대해 얼마나 자화되는지를 나타내는 척도
3. 특정 방향으로만 진동하는 빛

[그림 출처 및 참고 자료]

Moon, S., Kim, J., Jo, Y., Seo, J., Kim, K., Kim, S., Lee, C., & Rho, J. (2026). Switchable 2D-3D display through a metasurface lenticular lens. Nature, 652(8112), 1181-1187. <https://doi.org/10.1038/s41586-026-10318-9>

한쪽은 빨강과 한쪽은 파란 3D 안경, 3D 하면 가장 먼저 떠오르는 이미지입니다. 21세기에 들어서는 사용자의 시선을 추적하여 안경 없이도 화면에서 3D를 느낄 수 있도록 하는 기술이 개발되기도 했는데요. 최근 포스텍 기계공학과 노준석 교수와 삼성전자의 산학협력 연구팀이 한 발 더 나아가 화면을 2D와 3D로 자유롭게 바꿀 수 있는 메타표면 렌티큘러 렌즈 기반 디스플레이를 개발했습니다. 메타표면은 유전율¹과 투자율²을 인공적으로 제어할 수 있는 메타물질 기반의 평면 소재입니다. 메타표면으로 만든 메타렌즈는 편광³에 따라 오목렌즈 또는 볼록렌즈처럼 서로 다른 초점 특성을 나타내며, 이러한 전환성이 2D-3D 전환을 가능하게 합니다. 렌티큘러는 기존의 3D 디스플레이에도 사용되어 온 구조로, 작은 볼록렌즈들을 집적하여 각도에 따라 다른 형상이 보이도록 합니다. 기념품 등으로 쉽게 접할 수 있는, 보는 각도에 따라 고개를 돌리는 초상화 등이 바로 렌티큘러를 적용한 예시입니다. 새 디스플레이는 기존 렌티큘러 렌즈 뒤에 메타렌즈를 배치해 편광을 제어합니다. 편광에 따라 메타렌즈가 오목렌즈로 기능할 때는 굴절을 상쇄해 2D 화면을, 볼록렌즈로 기능할 때는 굴절을 강화해 3D 화면을 제공하는 원리입니다. 두께가 1.2mm에 불과해 OLED 패널에 바로 부착하여 사용할 수 있고, 굴절 강화로 시야각 역시 기존 기술의 15°에서 100° 수준까지 넓어져 사용자의 시선을 인식하고 처리하는 복잡한 과정이 생략될 수 있습니다. 이 기술 덕에 조만간 모든 영상을 3D로 볼 수 있게 되지 않을까요?



천연 화합물 기반 슈퍼박테리아 무력화 기술

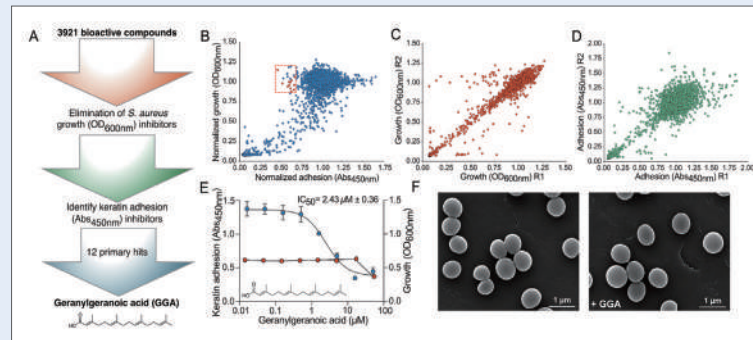
[각주]

4. 페니실린 계열의 항생제
5. 코의 뒤쪽에 위치한 빈 공간
6. 특정 분자에 특이적으로 결합하는 물질

[그림 출처 및 참고 자료]

Leonard, A. C., Bao, R., Menjivar, C., Myers, M. J., Poiva, T. O., Zheng, Z., Berry, K. A., Boyles, K. W., Flannagan, R. S., Dufrene, Y. F., Bose, J. L., Heinrichs, D. E., & Cox, G. (2026). An anti-adhesive compound modulating the production of Staphylococcus aureus cell wall-anchored proteins. Nature Communications, 17(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-026-71917-8>

항생제의 발명으로 인류의 수명은 크게 늘었습니다. 그러나 박테리아도 이에 맞추어 항생제에 내성을 가지는 방향으로 진화해 왔습니다. 이런 상황 속에서, 켈프대학교의 조지나 콕스 박사와 앨리스 레너드 박사 연구팀이 최근 MRSA(메티실린⁴ 내성 황색포도상구균)를 무력화시킬 수 있는 천연 화합물을 발견했습니다. 박테리아의 약물 내성 문제가 심각해짐에 따라, 최근에는 세균을 죽이는 항생제보다 세균을 무력화시키는 물질에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있습니다. 항생제 내성으로 인한 사망의 주 원인균인 황색포도상구균은 비강⁵ 상피에 정착하여 확산하고 감염을 유발합니다. 황색포도상구균은 ClfB와 같은 세포벽 결합 단백질(CWA)을 이용해 케라틴 등 숙주의 단백질에 부착하고 정착합니다. 레너드 박사 연구팀은 박테리아가 상피에 부착되는 것을 막는 ‘항접착제’를 연구하여 GGA(게라닐게라노산)라는 슈퍼박테리아 무력화 물질을 발견했습니다. 이 과정에는 검사하고자 하는 항원에 색을 내는 효소를 결합한 항체를 첨가하여 리간드⁶를 검출해 내는 효소결합면역흡착 검사(ELISA)가 사용되었는데요. ELISA로 검출한 결과, GGA는 고농도에서 살균 효과를, 저농도에서 MRSA의 단백질에 대한 결합 억제 효과를 보였습니다. 특히 낮은 농도에서는 균을 직접 죽이기보다 부착과 병원성을



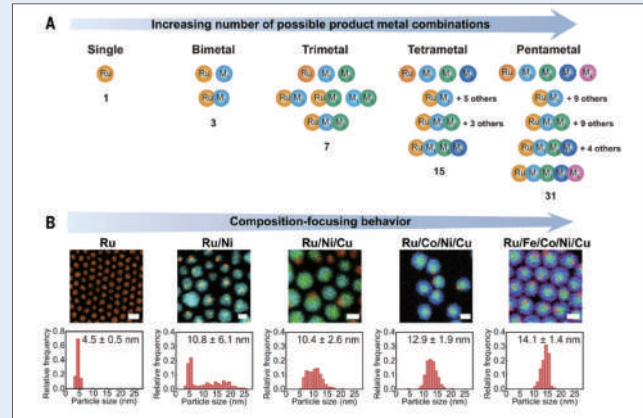
억제하기 때문에, 기존 항생제보다 내성 발생에 대한 선택압을 줄일 가능성이 기대되고 있습니다. 언젠가 인류가 질병에서 완전히 벗어날 수 있는 날이 올까요?

금속 종류가 늘수록 균일해지는 다성분 나노입자 '성분 집중' 현상 규명

[그림 출처 및 참고 자료]

Jeesoo Yoon et al. , Competitive reactivity drives size- and composition-focusing in multi-metallic nanocrystals. Science 392, eaes8044 (2026).

특성이 다른 여러 금속을 섞으면 나노입자의 구조가 불균일해진다 것이 기존의 상식이었습니다. 각 원소마다 반응 속도와 같은 특성이 다르기 때문입니다. 하지만 카이스트 생명화학공학과 정희태 석좌교수와 스탠퍼드 대학교 마테오 카르넬로 교수의 공동연구팀은 올해 5월, 이 상식에 반하는 연구 결과를 내놓았습니다. 연구팀은 루테튬을 기반으로 철, 코발트, 니켈, 구리를 점진적으로 첨가하였을 때 생성물의 균일성이 향상되는 조성 집중 효과 (Composition-focusing)를 발견했습니다. 이 현상의 핵심 원리는 먼저 투입되어 결합한 금속 원자가 온도가 증가함에 따라 다음 금속 원자의 안착할 자리를 마련해 주는 징검다리과 같은 메커니즘입니다. 니켈만을 첨가했을 때와 비교해, 금속의 종류를 늘릴수록 생성물이 점점 더 균일한 조성을 가지는 경향성을 보였는데요. 이를 통해 이 현상이 다섯 가지 금속의 특정 조합에만 나타나는 것이 아니라, 다성분 나노입자 합성에 적용될 수 있는 일반적인 원리임을 보여주었다는 점에 주목할 필요가 있습니다. 연구진은 5가지 금속의 합성에 성공한 후 전구체 비율, 추가 금속 첨가 등 다양한 조건에서 추가적인 실험을 진행했습니다. 그 결과 루테튬 입자의 크기가 작을수록 생성물이 더 균일해졌습니다. 또한 전구체의 비율보다 구성 금속의 수가 핵심적인 역할을 하며, 균일한 결정을 만들기 위한 최소한의 요구 조건이 존재한다는 사실도 밝혀냈습니다. 기존의 상식을 깨뜨리는 발견이라는 점에서 통념을 깨는 신선한 충격을 줍니다. 이 발견이 앞으로 어떤 변화를 불러올 수 있을지 기대됩니다!



터보퀀트: AI추론 가속 및 메모리 압축

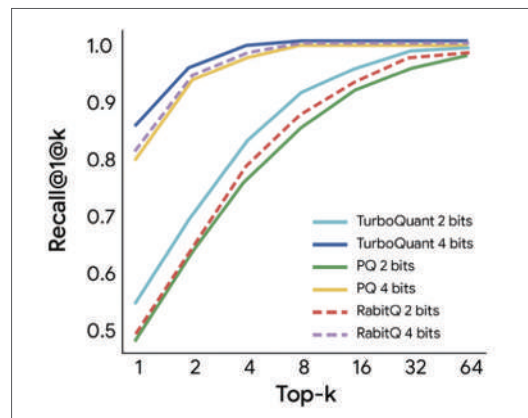
[각주]

- LLM이 이미 생성된 토큰에 대한 Key, Value값을 계산해 저장하는 방식으로 토큰 생성 속도를 높이는 기술
- 위치를 원점으로부터의 거리와 축으로부터의 값으로 표현하는 좌표계

[그림 출처 및 참고 자료]

- Google Research. "TurboQuant: Redefining AI Efficiency with Extreme Compression." Research.google, 2026, <https://research.google/blog/turboquant-redefining-ai-efficiency-with-extreme-compression/>
- Zandieh, Amir, et al. "TurboQuant: Online Vector Quantization with Near-Optimal Distortion Rate." ArXiv.org, 2025, <https://arxiv.org/abs/2504.19874>

AI가 엄청난 속도로 연산을 수행하는 비결은 정보 처리 방식에 있습니다. AI 모델은 다양한 데이터를 담은 고차원 벡터를 사용합니다. 그러나 고차원 벡터 하나당 수백~수천 개의 실수로 이루어지며, 각 실수를 32비트로 저장하면 막대한 메모리를 차지합니다. 따라서 AI 모델에서는 메모리 사용량을 줄이기 위해 벡터를 더 적은 비트로 표현하는 양자화 기법을 활용하기도 합니다. 그러나 이러한 방식을 사용하면 연산량은 줄지만, 정확성 또한 저하됩니다. 그러던 중, 구글 리서치가 정확성을 보존하는 양자화 기술 터보퀀트(TurboQuant)를 발표했습니다. 사용자가 대규모 언어 모델(LLM)과 대화를 나누면 내용이 Key-Value(KV) 캐시⁷로 저장됩니다. LLM이 이전 대화를 기억하는데, 터보퀀트는 바로 이 KV 캐시를 압축합니다. 터보퀀트는 PolarQuant와 QJL 두 기술의 결합으로, 먼저 PolarQuant는 벡터를 무작위로 변환한 뒤, 좌표들을 극좌표⁸ 형태로 표현해 효율적으로 양자화합니다. 직교좌표계로 나타내면 [100, 1, 1]과 같이 극단적인 값을 무작위로 회전시키면 수학적으로 [58, 57, 58]처럼 평균으로

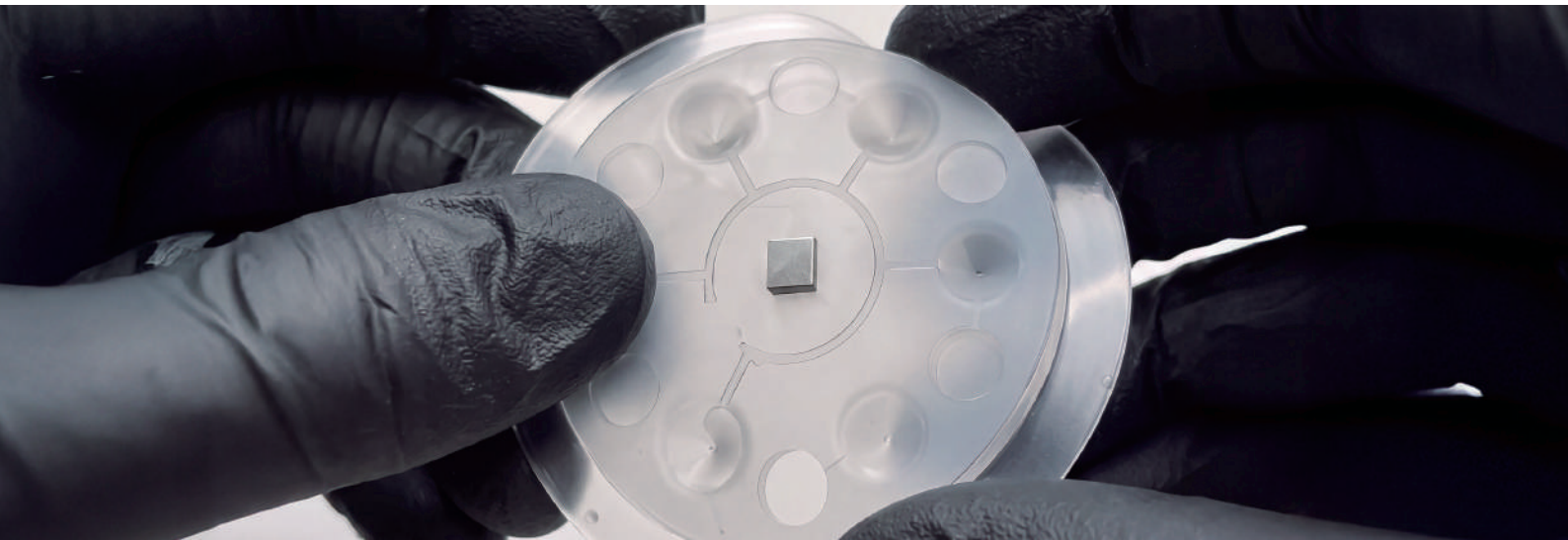


수렴해 데이터가 균일하게 퍼지는 원리를 이용하는 것이죠. 이 과정에서 발생하는 미세한 오류의 보정을 위해 존슨-린덴스트라우스 변환이라는 기법으로 데이터 간 관계를 보존하며 압축하는 QJL 알고리즘이 사용됩니다. QJL은 변환된 값을 +1 또는 -1의 1비트 정보로 양자화해, 적은 메모리로도 벡터 간 관계를 추정할 수 있게 합니다. 혁신적으로 메모리가 절약되는 만큼 실제로 발표 직후 메모리 반도체 관련주가 대폭 하락하기도 했는데요. 터보퀀트가 본격적으로 적용된다면 AI 발전 패러다임을 어떻게 변화시키게 될지 기대됩니다.☺

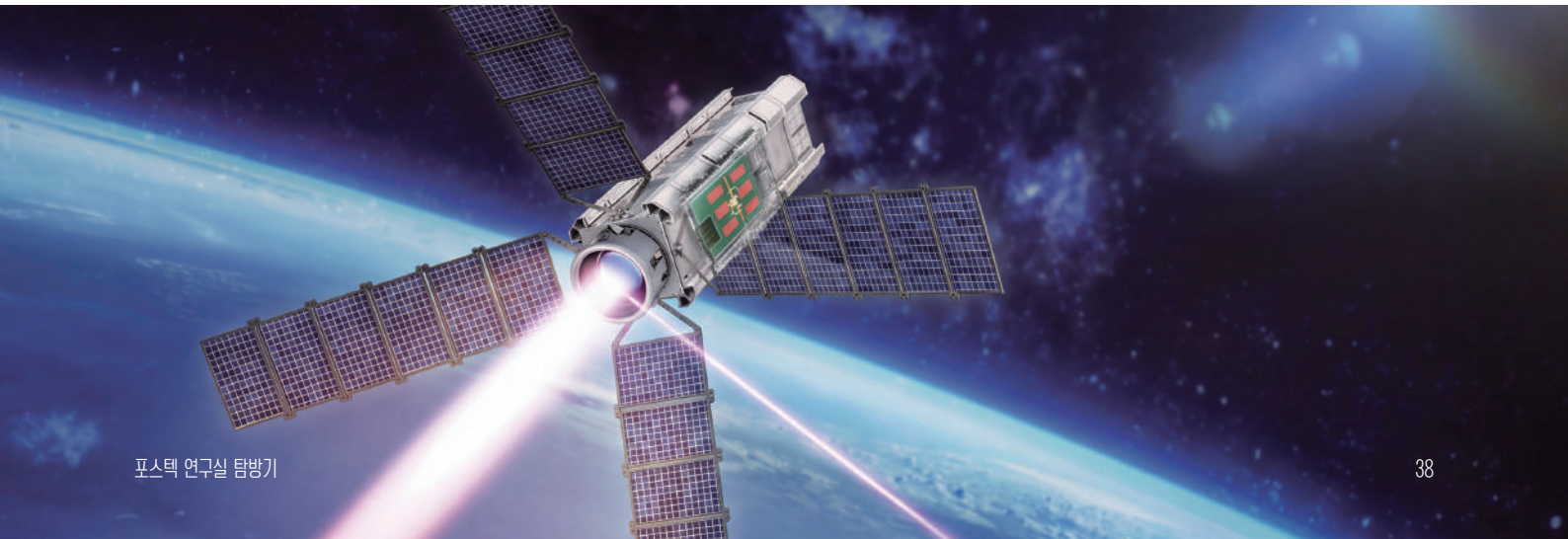


포스텍 극한역학 연구실

POSTECH Extreme Mechanics Lab.



극한의 변형으로 미래의 움직임을 설계하다



기계공학이라고 하면 많은 사람들이 자동차, 로봇, 항공기처럼 완성된 기계를 먼저 떠올립니다. 그러나 그 바탕에는 더 근본적인 질문이 있습니다. 물체는 힘을 받으면 어떻게 휘고, 찌그러지고, 접히며, 때로는 왜 갑자기 다른 모양으로 튀어 오를까요? 포스텍 극한역학 연구실은 바로 이러한 질문에서 출발합니다. 단단한 재료도 얇은 판이나 껍질 형태가 되면 쉽게 휘고, 부드러운 재료는 작은 힘에도 크게 변형되며, 같은 재료라도 모양과 경계 조건에 따라 전혀 다른 움직임을 보입니다. 우리는 힘을 받는 구조가 변형되고 움직이는 원리를 이해하고, 이를 새로운 기능으로 연결하는 연구를 수행하고 있습니다.

③ 포스텍 기계공학과 이안나 교수

크고 갑작스러운 변형에서 출발한 극한역학

극한역학 연구실이 처음 주목한 문제는 구조가 힘을 받아 크게 변형되거나, 어느 순간 갑자기 다른 모양으로 바뀌는 현상이었습니다. 얇은 껍질 모양의 셸 구조와 판 구조에서 나타나는 좌굴(buckling), 주름, 접힘이 그 대표적인 예입니다. 여기서 좌굴은 구조가 힘을 견디다가 어느 순간 갑자기 휘거나 찌그러지는 현상을 말합니다. 빈 음료수 캔을 누르다 보면 어느 순간 갑자기 찌그러지고, 얇은 플라스틱 컵은 작은 힘에도 주름이 생깁니다. 이런 현상은 일상에서는 실패나 파손처럼 보이지만, 공학적으로는 매우 흥미로운 움직임입니다. 얇은 구조는 작은 결함이나 경계 조건의 차이에 민감하게 반응하고, 임계점을 지나면 급격히 다른 형상으로 변합니다. 우리는 실험, 이론 모델, 수치해석을 함께 사용해 이러한 불안정성이 언제, 어떻게, 왜 발생하는지 밝히고 있습니다. 이는 구조물이 안전하게 견디도록 설계하는 데 필요할 뿐 아니라, 반대로 불안정성을 원하는 순간에 일어나게 하여 새로운 움직임을 만드는 데에도 활용될 수 있습니다.

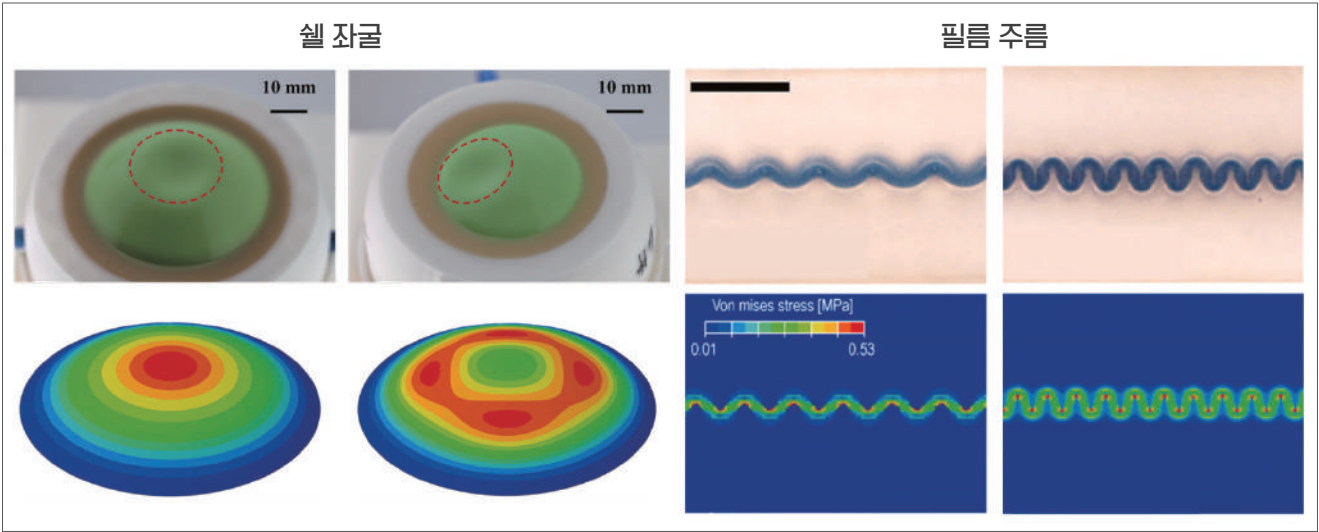


그림 1. 힘을 받는 얇은 구조는 갑자기 찌그러지거나, 규칙적인 주름을 만들며 새로운 움직임을 보인다. 그림 출처: K. Ki et al., *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* 185, 105554, 2024 및 H. Kwak et al., *International Journal of Mechanical Sciences* 312, 111213, 2026의 그림 일부를 수정·재구성. Elsevier의 허가를 받아 사용

극한의 변형을 읽는 세 가지 방법

극한역학에서 말하는 ‘극한’은 단순히 매우 높은 온도나 압력만을 뜻하지 않습니다. 구조가 작은 변형 범위를 벗어나 크게 움직이는 순간, 재료와 형상이 서로 강하게 영향을 주고, 작은 차이가 큰 결과로 이어지는 상황도 포함합니다. 그래서 극한역학 연구실에서는 실험 장면을 정밀하게 관찰하고, 이론 모델로 핵심 원리를 설명하며, 컴퓨터 시뮬레이션으로 힘이 구조 내부에 어떻게 전달되고, 변형이 어떻게 분포하는지를 분석합니다. 이 세 가지 방법을 연결해야 복잡해 보이는 변형 속에서도 단순하고 중요한 원리를 찾아낼 수 있습니다.

변형을 기능으로 바꾸는 구조들

극한역학 연구실은 변형과 불안정성을 기능으로 바꾸는 연구로 영역을 넓히고 있습니다. 부드러운 재료로 만든 소프트 액추에이터, 즉 전기, 열, 공기압 같은 입력을 실제 움직임으로 바꾸는 장치는 하나의 입력만으로도 굽힘, 늘어남, 비틀림과 같은 다양한 움직임을 만들 수 있습니다. 사람이 손끝으로 누르는 압력과 옆 방향으로 작용하는 전단력을 구분하듯, 부드러운 구조의 변형을 읽어 촉각 센서로 활용할 수도 있습니다. 자석에 반응하는 셸 구조나 밸브 구조를 이용하면 땀과 같은 생체 신호를 수집하는 소프트 디바이스로도 확장할 수 있습니다. 또한 종이를 접는 오리가미와 종이를 자르는 키리가미에서 착안한 접힘과 절개 구조를 이용하면 가볍고 얇은 재료가 보관될 때는 작게 접혀 있다가, 필요한 순간 넓은 면적이나 부피를 갖는 구조물로 펼쳐질 수 있습니다. 이처럼 극한역학 연구실은 구조가 변형되는 방식을 단순히 예측하는 데 그치지 않고, 변형 자체를 움직임과 감지, 에너지 흡수, 형상 변화의 원리로 활용하고 있습니다.



그림 2.

마그네틱 셸 구조를 이용한 소프트 땀 수집 장치. 외부 자기장에 반응해 변형되는 얇은 셸 구조가 땀의 흐름을 조절하고 수집하는 원리를 활용한다. 변형과 불안정성은 움직임뿐 아니라 감지와 생체 신호 수집 기능으로도 확장될 수 있다. 그림 출처: POSTECH 극한역학 연구실, *Lab on a Chip* 게재 논문 이미지

우주로 확장되는 극한역학

이러한 관점은 우주와 극한환경을 향한 연구로도 확장됩니다. 우주 시스템에서는 질량과 부피에 큰 제약이 있으며, 제한된 에너지와 공간 안에서 안정적으로 작동해야 합니다. 극한역학 연구실은 나노위성의 방향과 궤도를 조절하는 마이크로 추력기, 소형 우주 구조물, 접혀 있다가 펼쳐지는 전개 구조, 그리고 우주 탐사용 소프트 로봇에 관심을 두고 연구하고 있습니다. 최근에는 고체 구조의 변형을 넘어 유체의 흐름과 에너지 전달까지 설계 대상으로 확장하고 있습니다. 예를 들어 플라즈마 전기추진 연구에서는 공기의 흐름을 회전시키고 플라즈마를 안정화하여 추진 성능을 높이는 방식을 탐구합니다. 여기서도 핵심은 같습니다. 힘, 변형, 흐름, 에너지가 서로 어떻게 연결되는지를 이해하고, 그 연결을 원하는 방향으로 설계하는 것입니다.

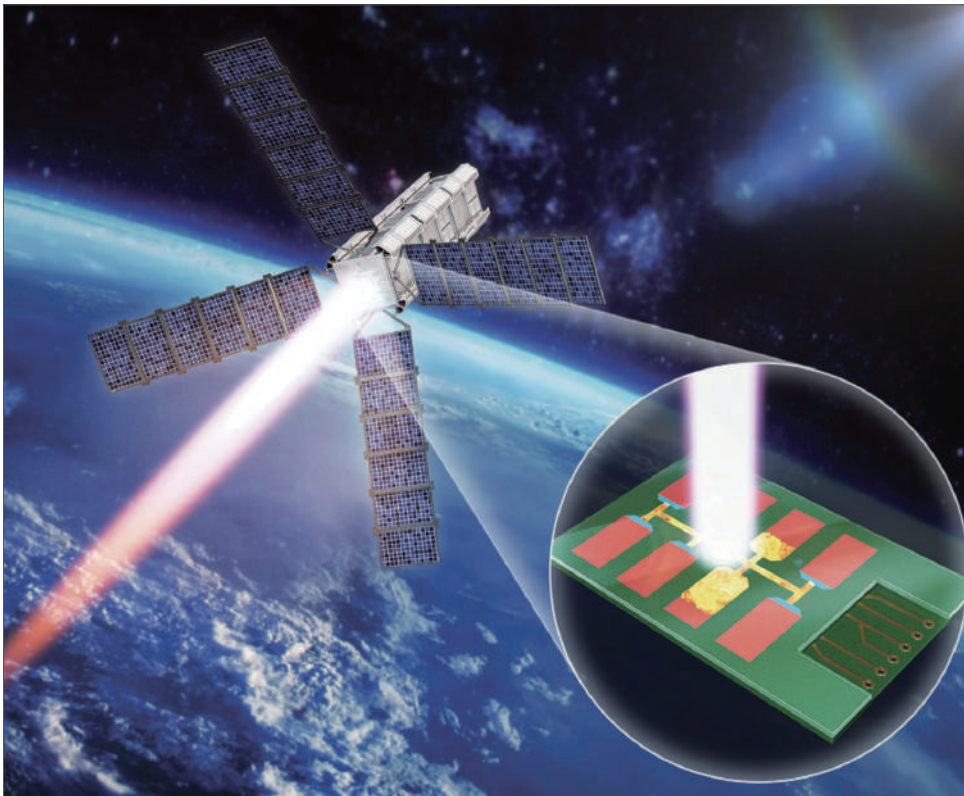


그림 3.

Lab-on-PCB 기반 마이크로 추력기 개념도. 추력기는 가스나 플라즈마를 분사해 물체를 밀어내는 장치로, 작은 위성의 방향과 궤도를 조절하는데 활용될 수 있다. 작은 추진 시스템은 나노위성과 우주 탐사를 위한 핵심 기술로 이어진다. 그림 출처: POSTECH 극한역학 연구실, *Lab on a Chip* 게재 논문 이미지



포스텍 극한역학 연구실
홈페이지 바로가기(www.xml-postech.com)

기초 역학에서 미래 기술로: 극한역학 연구실이 바라보는 미래 기술은 정교한 부품을 설계하고 조립하는 일을 넘어, 구조 자체가 변형되고 움직이며 기능을 만들어내는 방향으로 확장되고 있습니다. 이러한 미래를 설계하려면 기초 역학에 대한 깊은 이해와 새로운 응용을 상상하는 능력이 함께 필요합니다. 극한역학 연구실은 휘고 찌그러지는 현상 속에서 실패가 아니라 가능성을 보고, 극한의 변형으로 미래의 움직임을 설계하는 연구를 이어가고 있습니다. 독자들이 이 글을 통해 기초 역학의 질문이 우주와 로봇, 미래 모빌리티를 향한 연구로 확장될 수 있음을 느끼길 바랍니다. ☺

ALIMI

no. 188

알리미의 앞순행 카페 탐방 V-log:

전국의 포스테키안 독자 여러분, 안녕하세요!



뜨거웠던 도 어느덧 끝자락에 접어들었는데요~ 여러분은 이번 여름

여름을 어떻게 보내고 계신가요? 무더운 날씨 속에서 잠시 더위를 식히고 여유를 찾을 수 있는 공간을 떠올리면, 자연스레 시원한



한 잔이 있는 카페가 생각나곤 합니다. 이번 알리미 ON-AIR에서는 알리미들이 포항 곳곳의 다양한 카페를 직접 찾아가 보았습니다.

탁 트인 바다가 보이는 오션뷰 카페부터 맛있는



이 가득한 베이커리 카페뿐만 아니라



ON-AIR

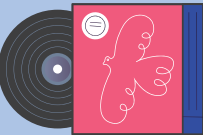


귀여운 동물

들과 힐링할 수 있는 매견 카페,
좋아하는 음악을 LP로 감상할 수 있는



LP



카페까지! 각기 다른 매력을 지닌 공간에서 알리미



들이 무더운 여름을 어떻게 보냈을지 궁금하지
않으신가요? 포항에서 즐기는 색다른

여가



일상과 알리미들의 솔직한 카페 후기가 궁금하시다면, 이번 알리미

ON-AIR를 꼭 확인해 주세요! 여러분도 자신만의 아늑한 카페를 찾아



일상 속 작은 심표를

찍어보시기 바랍니다! 



2026년 9월 4일 공개

질문에 따라 성장한 이야기

③ 컴퓨터공학과 23학번 하승재

안녕하세요, 컴퓨터공학과 23학번 하승재입니다. 저는 학생들이 실제 산업 현장에서 실무를 체험할 수 있도록 지원하는 포스텍의 SES 프로그램을 통해 게임 회사 시프트업에서 PM(Project Manager) 인턴으로 일하고 있습니다. 주변 사람들은 종종 저에게 왜 게임 개발을 하게 되었냐고 묻습니다. 감사하게도 포스테키안을 통해 그 질문에 대한 제 이야기를 나눌 기회를 얻게 되어, 지금까지의 과정을 공유하고자 합니다.

질문의 시작

사실 지금의 저는 제가 원래 상상했던 모습과는 꽤 다릅니다. 고등학교 시절 제 꿈은 의사였습니다. 누군가가 힘들어하는 모습을 그냥 지나치기 어려웠고, 사람들의 고통을 줄여주는 일이 가장 가치 있는 일이라고 생각했기 때문입니다.

하지만 코로나19 시기를 지나며 생각이 조금씩 바뀌었습니다. 외부 활동이 제한되던 시기, 가장 즐거웠던 것은 친구들과 함께 게임하는 시간이었습니다. 그러다 문득 “게임을 하는 것도 재미있는데, 만드는 일은 얼마나 재미있을까?”라는 궁금증이 생겼고, 그 호기심으로 게임 개발을 시작했습니다.

처음에는 단순한 취미라고 생각했습니다. 하지만 게임을 만들면서 프로그래밍이 왜 그런 방식으로 작동하는지, 캐릭터의 움직임은 어떻게 구현되는지, 물리 엔진은 어떤 원리로 동작하는지 궁금해졌습니다. 이러한 의문을 하나씩 해결해 나가는 과정에서 자연스럽게 수학과 물리학, 프로그래밍을 더 깊이 공부하게 되었습니다. 그때 처음으로 공부가 억지로 해야 하는 일이 아니라, 궁금해서 스스로 찾아 나서는 일이 될 수 있다는 것을 깨달았습니다.

게임 개발을 배우며 제가 가장 많이 던진 질문은 “왜?”였습니다. 왜 어떤 게임은 재미있고, 어떤 게임은 그렇지 않을까? 왜 사람들은 특정 경험에 웃고 몰입할까? 처음에는 기술이 궁금했지만, 시간이 지날수록 사람에 대해 궁금해졌습니다. 재미는 결국 사람이 느끼는 감정이고, 게임은 사람을 위한 콘텐츠이기 때문입니다.

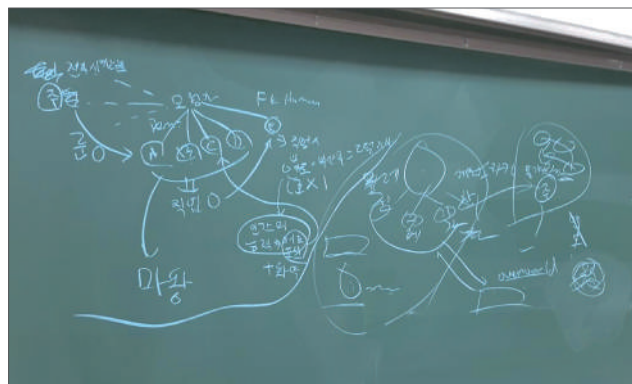


그림 1. 게임 아이디어 짜는 과정

그 과정에서 의사가 되고 싶었던 이유 역시 사람들의 고통을 줄이고 싶었기 때문이라는 것을 깨달았습니다. 그러면서 ‘사람을 돕는 길이 꼭 의학에만 있을까?’ 하는 생각이 들었습니다. 게임도 즐거움과 위로를 줄 수 있고, 누군가에게는 힘든 하루를 버틸 힘이 되어주기도 합니다. 돌아켜보면 제가 바라던 것이 달라진 것이 아니라, 다른 방식으로 이어지고 있던 겁니다.

사람을 바라보는 법

포스텍에 입학한 뒤에는 게임 개발 동아리 G-POS에서 본격적으로 게임을 만들기 시작했습니다. 여러 프로젝트를 진행하며 단순히 코드를 작성하는 것을 넘어, 사람들이 어떤 경험에 몰입하는지에 대해 관심을 갖게 되었습니다. 그 고민의 정점을 찍은 프로젝트가 3D 중력조작 플랫폼모 게임 ‘Flavity’를 개발할 때였습니다. ‘Flavity’는 전국 게임 개발 동아리 연합회 UNIDEV가 개최한 UNICON에서 장려상을 받았고, 이후 NDM과 PlayX4 행사에서 전시할 기회를 얻었습니다.



그림 2. UNICON 장려상 수상

가장 인상적이었던 것은 수상보다 전시 현장에서 플레이어들을 직접 마주한 것입니다. 개발할 때 당연하다고 생각한 조작이 누군가에게는

낮설었고, 예상하지 못한 지점에서 웃음이 나오기도 했습니다. 반대로 공들인 시스템이 충분히 전달되지 않아 지나쳐지는 순간도 있었습니다. 그 장면들을 보며 좋은 게임은 개발자의 의도를 보여주는 것을 넘어, 플레이어가 자연스럽게 이해하고 자신의 경험으로 받아들일 수 있어야 한다는 사실을 배웠습니다.

이후 저는 게임을 만들 때 먼저 플레이어의 입장에서 생각하려고 했습니다. 유저가 플레이하면서 어떤 행동을 선택할지, 실패한 뒤에도 다시 도전하고 싶을지, 짧은 플레이 속에서 어떤 감정을 느끼는지를 끊임없이 예측했습니다. 이를 통해 게임은 단순한 코드와 시스템의 집합이 아니라, 플레이어의 감정과 행동에 직접 영향을 미치는 콘텐츠임을 실감했습니다.

사람과 함께 만드는 법

이 생각은 G-POS 회장을 맡으면서 더 강해졌습니다. 복학생이었던 저는 아는 후배가 거의 없었고, 선배들 역시 대부분 학교를 떠난 상황에서 갑작스럽게 회장이 되었습니다. 처음에는 좋은 게임을 만드는 방법을 고민했지만, 회장이 되고 나서는 좋은 팀을 만드는 방법을 고민해야 했습니다. 이를 위해 팀 구성과 일정 관리, 리스크 관리 체계를 구체화했습니다.



그림 3. 밤늦게 진행된 동아리 세미나

그 과정에서 KRAFTON이 후원하는 BetterGround 동아리 지원 사업에도 도전했습니다. 이 도전은 단순히 지원금을 받기 위한 시도가 아니라, G-POS가 어떤 동아리이고 앞으로 어떤 가치를 만들어 갈 수 있는지를 정리해 설득하는 과정이었습니다. 선정된 이후에는 신입 부원의 새로운 프로젝트를 지원하는 기반을 마련할 수 있었습니다. 좋은 아이디어만큼 사람들을 설득하고 함께 움직일 수 있도록 이끄는 힘이 중요하다는 사실을 배웠습니다.

돌아보면 동아리 운영과 게임 개발은 비슷했습니다. 각자가 잘하는 것을 파악해 역할을 나누고, 서로 다른 생각을 하는 사람들이 함께 일하도록 돕는다는 점이 본질적으로 같았기 때문입니다. 그 과정에서 다른 대학의 개발자, 프리랜서 아티스트, 현업 개발자들과도 교류했고, 같은 목표를 향하더라도 문제를 대하는 방식은 다양하다는 사실을 배웠습니다.

질문은 계속된다

지난 3년 동안 12개의 게임 프로젝트를 진행한 뒤에는 또 다른 궁금증이 생겼습니다. “게임 회사는 어떻게 게임을 만들까?” 그 답을 찾기 위해 현재 시프트업에서 인턴 생활을 하고 있습니다. 동아리에서는 몇 명의 팀원과 함께 게임을 만들었다면, 회사에서는 훨씬 더 많은 사람이 하나의 목표를 향해 협업합니다. 개발자뿐 아니라 기획자, 아티스트, QA(Quality Assurance) 등 다양한 직군의 사람들이 각자의 전문성을 바탕으로 하나의 경험을 함께 만들어 갑니다. 저는 PM 인턴으로서 그 사이를 연결하는 역할의 중요성을 배우고 있습니다.



그림 4. 시프트업 인턴

돌아보면 지금까지의 선택들은 모두 “왜?”라는 질문에서 시작되었습니다. 공학자가 세상이 어떻게 작동하는지 이해하려 하고, 과학자가 자연 현상의 원리를 탐구하듯, 저는 사람들이 무엇에 재미를 느끼고 어떤 경험에서 위로를 얻는지 알고 싶었습니다.

저는 아직도 답보다 질문이 더 많습니다. 하지만 그 질문들이 있었기에 새로운 길을 선택할 수 있었고, 그 길 위에서 더 많은 사람을 이해하게 되었습니다. 이 글을 읽고 있을 예비 포스테키안 여러분도 자신만의 질문을 오래 붙잡아 보았으면 좋겠습니다. 답을 늦게 찾더라도, 답을 찾는 과정이 여러분들에게 새로운 시야를 제공해 줄 것입니다. ●

죽을 때까지 할 만한 일, 스타트업

③ 컴퓨터공학과 19학번 김상윤

안녕하세요, 포스텍 컴퓨터공학과 19학번 학사 졸업 후 스냅스케일이라는 스타트업을 운영 중인 김상윤이라고 합니다. 부족하지만 제 경험을 공유할 기회를 주신 알리미분들께 감사의 말씀 전합니다. 학부 졸업 후 바로 스타트업 대표를 맡는 것이 흔한 경우는 아니다 보니, 스타트업에 관심 있는 여러분이 참고하실 정보가 적을 것 같아, 조금이나마 도움이 될 수 있는 이야기를 남겨두고자 글을 씁니다.



그림 1. 스냅스케일 김상윤 대표 (사진: 데비비드)

#1 스타트업은 수단이었다

전 죽을 때까지 인류 문명을 위해 산다면 만족한다고 생각하고, 이에 최선을 다하기 위해 지금의 스타트업을 열심히 하고 있습니다. 즉, 스타트업은 수단이라는 것이죠. 왜 그렇게 생각하는지 설명하기 위해선 제 가치관에 대해 짧게 말씀드려야 할 듯합니다. 저는 인간의 삶 자체가 어떤 절대적인 가치를 갖기 매우 어렵다고 생각합니다. 우주의 역사에 비하면 인간 한 명의 역사는 찰나라고도 할 수 없을 만큼 짧고, 돈과 명예 역시 인류 문명을 효율적으로 운영하기 위해 선조들이 만든 인센티브 시스템에 불과하며, 사랑이란 감정 또한 유전자 확산을 위해 진화학적으로 형성된 호르몬 시스템의 부산물입니다.

철학적으로 여전히 해결되지 않은 질문들입니다만, 제가 믿는 한 가지 분명한 건, 오히려 그렇기에 인간은 직접 본인 삶의 가치를 창출해 내야 한다는 것입니다. 저에게 그 가치는 사람과 사람이 만나 함께 만들어 내는, 다시 반복될 수 없는 유일한 순간들에 있습니다. 저와 독자 여러분이 이 글을 통해 소통하는 이 시각, 문서와 모니터라는 매개체, 그때 드는 생각들의 집합을 누군가가 임의로 복제할 수 없습니다. 이 관점에서 보면 인간 개개인은 태어나서부터 유일한 순간들을 창출하며 살고 있고, 그 순간들은 정량적 비교가 불가능한 유일한 가치를 지니기에 지키는 것이 중요하다고 믿을 수 있었습니다. 따라서 인류 문명을 위해 사는 일은 죽을 때까지 할 만한 일이라 생각했고, 인류 문명을 멸종으로 이끌 위기 중

기후 위기가 제일 돌이키기 어려운 문제라 생각했습니다. 그리고 스타트업은 대기업, 연구실, 비영리단체보다도 경제적 성장 압박을 가장 많이 받는 조직이기에, 스타트업의 형태로 푸는 것이 제일 빠를 것이라 생각했습니다.

여기서 핵심은 스타트업은 수단이라는 점입니다. 스타트업이 뭔가 특별한 팀의 구조처럼 받아들여지곤 합니다만, 조금 떨어져서 바라보면, 지금은 작지만 매우 큰 경제적 가치를 지닌 것으로 추정되는 문제를 집중적으로 공략하는 조직입니다. 이런 조직 형태를 선택하는 건 위험성이 크고 업무 강도도 매우 높습니다. 기사화되지 않은 파산한 스타트업이 기사화된 스타트업의 몇천 배는 될 것입니다. 첫 번째 아이템은 매우 높은 확률로 실패합니다. 그런데도 다시 일어서 스타트업을 지속해야만 언젠가 성공할까 말까입니다. 그렇기 때문에 스타트업을 통해 얻고자 하는, 이루고자 하는, 이바지하고자 하는 무언가가 명확해야 한다고 생각합니다. 저도 이 가치관 덕분에 힘든 순간에도 계속 포기하지 않고 할 수 있었습니다.



그림 2. 고객 인터뷰를 진행하는 모습

#2 인터뷰, 인터뷰, 인터뷰

저는 스타트업에서 고객 인터뷰가 매우 중요하다고 배운 사람입니다. 물론 아이템에 따라 인터뷰 없이도 웹상에서 AB 테스트(두 가지 중

안을 고객에게 나눠 보여주고 반응을 비교하는 실험) 등을 기민하게 운영해서 고객이 원하는 걸 빠르게 찾아내는 사례도 있는 듯합니다만, 직접 경험한 바로는 사람 대 사람으로 만나 얘기할 때 알 수 있는 무형의 정보가 매우 많습니다. 똑같은 텍스트라도 눈빛, 말투, 제스처 등에서 짚어낼 수 있는 정보가 많고, 이를 몇십 명에게 반복하면 고객 풀에 대한 깊은 정보를 빠르게 알아낼 수 있습니다. 저 또한 80명 이상의 공정 엔지니어분들과 인터뷰하면서 고객이 어떻게 일하는지, 어떤 문제가 있는지, 이를 해결하려던 기존 시도들은 무엇이었는지를 자세히 파악할 수 있었습니다. 학부생 연구프로그램인 UGRP에서 처음 이런 인터뷰를 수행하게 되었고, 그 후 이어진 실전 창업 교육 프로그램인 Tex-corps에서도 고객 인터뷰를 충실하게 하도록 교육받으며 좋은 영향을 많이 받았다고 생각합니다.

#3

정주영 창업경진대회

여러 창업경진대회에서 발표하며 느낀 점은, 같은 내용이라도 어떻게 전달하느냐에 따라, 세부적으로는 한 글자의 차이로도 청중의 이해가 달라진다는 점이었습니다. 정주영 창업경진대회에서 수차례 잠재 청중들에게 발표하면서 이를 반복적으로 체감했고, 핵심적으로

는 사람의 인식을 어떻게 공략하느냐에 초점을 맞추게 되었습니다. 따라서 발표를 최대한 많이 해보고, 청중의 직관적인 느낌을 즉각 반영해 대본을 수정하는 루프를 많이 반복해 봐야 했습니다. 그 과정에서 발표 경험이 누적되고, 제 아이디어를 효과적으로 소개하는 스킬을 획득할 수 있었습니다.

#4

이마저도 시작이었다

하지만 창업경진대회 수상 후 8개월 정도가 지난 지금 돌이켜보면, 그때도 힘들었지만 지금이 더 힘들다. 첫 매출이 나고 고객사가 생기고, 투자자분들과 이견을 조율하는 과정은 모두 처음 해보는 일이기에 시행착오가 너무나 많았습니다. 그 과정에서 감정적으로나 신체적으로 지치는 일이 잦았고, 그때마다 어차피 죽을 때까지 할 만한 일은 이것밖에 없다며 다시 돌아오는 루프를 반복했습니다. 누군가에게 아이템을 효과적으로 설명하는 것과 실제로 이행하는 것은 매우 큰 차이가 있습니다. 예상한 고객 여정이 일부 깨져 다시 고민하게 되고, 자신 있다고 생각했던 부분에서 다시 문제가 터지는 등 예상치 못한 이벤트가 계속해서 일어납니다. 그럼에도 스타트업을 택하는 이유는, 적어도 저는 최선을 다해서 할 수 있는 일이 이것밖에 없다는 점입

니다. 지쳐서 다른 직업을 택하더라도 다시 여기로 돌아올 것이란 강한 확신이 있기에, 유한하게 주어진 시간과 에너지를 낭비하지 말자는 의사결정을 반복했던 것 같습니다.



그림 4. 기후 위기 해결에 기여하고 싶다는 필자 (사진: 대베비드)

#5

좀 더 다양한 맥락

예비 포스테키안 여러분께 이 얘기가 잘 와닿을지 모르겠습니다. 다만 희망적인 미래만 그리기보다 현실적인 이야기도 함께 알고 있어야 더 현명한 의사결정을 할 수 있다고 믿기에, 이런 얘기를 꼭 남겨두고 싶었습니다. 이 얘기들을 지금 당장 완전히 이해하지 못해도 괜찮습니다. 다만 스타트업은 최소한 다른 직업보다 매우 힘들고, 보상을 얻을 확률도 매우 적다는 것을 알아주시고, 그럼에도 스타트업을 하고 싶다고, 해야만 한다고 느낀다면 분명 내면에 강한 욕구나 열망이 있는 것이라 생각합니다. 그 지점을 스스로 솔직하게 돌아보고 고민을 많이 해보시길 바랍니다. 본인에 대한 깊은 이해가 있는 사람만이 앞서 말씀드린 현실적인 문제들을 10년 전후로 견뎌내고 결국 큰 성취를 이룰 수 있다고 믿습니다. 10대인 만큼 공부에 치여 살겠지만, 가능하다면 꼭 이런 시간을 진중하게 많이 가져보길 바라고, 모든 앞날을 응원하겠습니다.☺

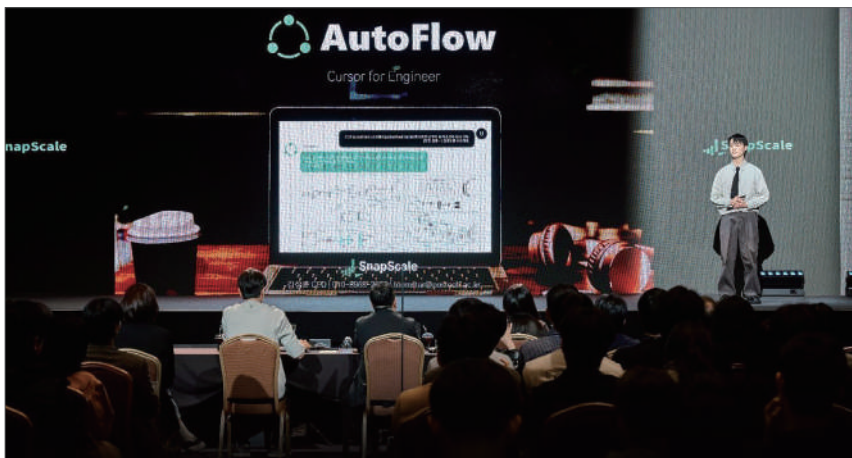


그림 3. 정주영 창업경진대회 시상식에서 강연하는 모습



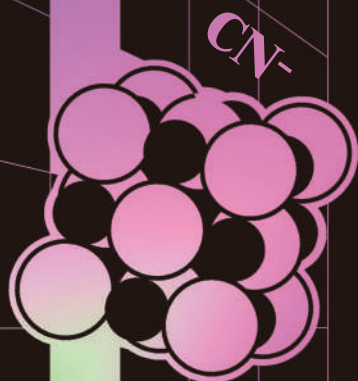


SCIENCE

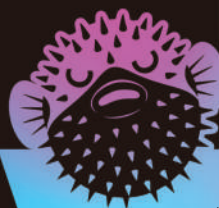
BLACK BOX

생명을 멈추는 독

똑같이 위험해도 다르게 위협하는 독



K^+



$\text{C}_{11}\text{H}_{17}\text{N}_3\text{O}_8$



인류에게 독은, 진화론적 관점에서 흥미로운 소재입니다. 어떤 음식을 먹거나, 어떤 동물에게 물렸을 때 생명이 위협받는, 생존에 직결되는 문제였기 때문이죠. 그뿐만 아니라, 가장 짧은 시간 안에 약자가 압도적인 강자를 쓰러뜨릴 방법이기도 합니다. 얼핏 보면 그냥 달아서 위험한 것 같지만 ‘독’은 우리를 다양한 종류와 방식으로 위협합니다. 지금부터 ‘독’의 비밀을 파헤쳐 봅시다.

㉔ 무은재학부 26학번 32기 알리미 이동희

에너지 생산을 막는 독, 청산가리

Potassium cyanide

여러분도 영화나 뉴스 같은 매체를 통해 ‘청산가리’라는 이름을 한 번쯤은 들어보았을 것입니다. 청산가리는 어떻게 생명을 멈추게 하는 것일까요? 그 답을 찾으려면 세포호흡과 ATP 생성에 대해 이해해야 합니다.

세포호흡은 세포가 영양분에서 얻은 에너지를 ATP 형태의 화학에너지로 바꾸는 과정입니다. 이 과정에서 미토콘드리아의 전자전달계는 전자를 산소까지 전달하고, 그 결과 물이 만들어지며 ATP 생성이 일어납니다. 이 전자전달계가 기능을 수행하는 동안 마지막 단계를 맡는 효소가 바로 Cytochrome c oxidase이며, 이를 전자전달계의 Complex IV라고 합니다.

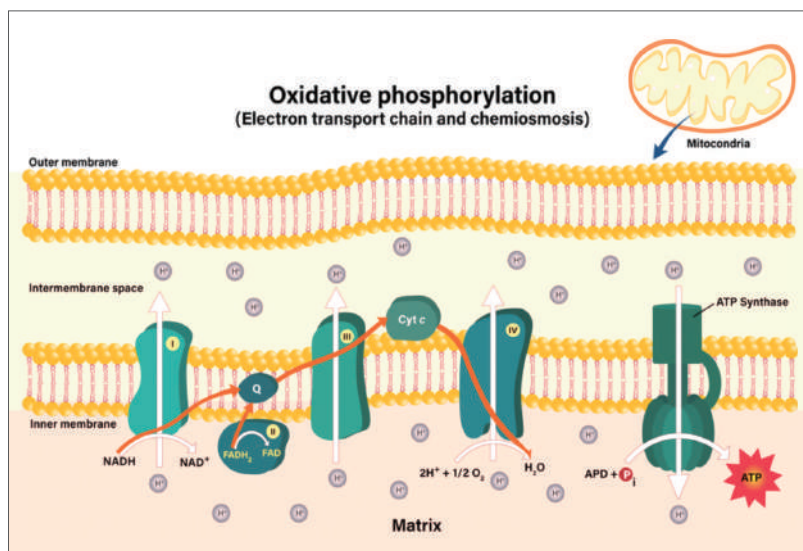


그림 1. 세포호흡 과정 모식도



그림 2. 동전, 볼펜과 비교한 청산가리의 양

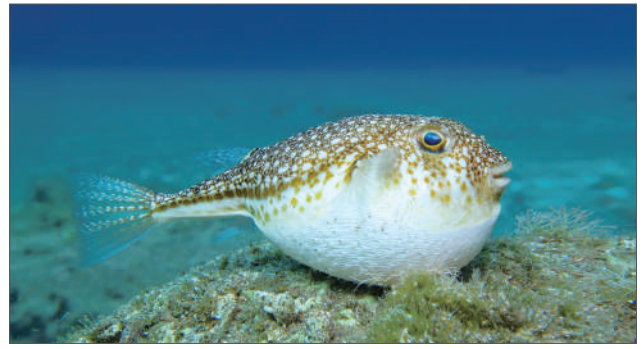
사이안화 칼륨, 이른바 청산가리는 Cytochrome c oxidase에 결합해 전자전달계의 마지막 단계를 막고, 산화적 인산화를 중단시켜 ATP 생성을 막습니다. 이러한 기작 때문에 청산가리는 ‘세포 질식제(Cellular Asphyxiant)’로 분류됩니다. 체내에 산소가 충분해도 세포가 ATP를 만들지 못해, 세포가 질식하는 것과 다름없기 때문입니다. 우리 몸에서 ATP를 가장 많이 소비하는 뇌나 심장은 우선적으로 심각한 영향을 받습니다. 그렇기에 그림 2처럼 청산가리 양이 동전 정도의 크기만 되어도 아주 위험적입니다. 일반적으로 성인 기준 사이안화 칼륨의 치사량은 0.15g~0.2g(체중 1kg당 2~3mg)으로, 아주 작은 알약 하나나 찻숟가락 3분의 1정도 분량입니다. 눈으로 보기에 아주 적어 보이지만 성인 한 명의 치사량을 충분히 넘기는 양입니다.

초기엔 어지러움과 두통, 호흡곤란을 일으키며 증상이 지속되면 의식을 잃고 격렬한 경련을 불러옵니다. 특징으로는 세포가 산소를 제대로 이용하지 못해 정맥혈에 산소가 많이 남을 수 있으며, 일부 중독 사례에서는 피부가 붉게 보이는 현상이 보고되기도 합니다.

생체 신호를 모두 멈춰버리는 독, 테트로도톡신

Tetrodotoxin

두 번째로 파헤쳐볼 독은, 테트로도톡신입니다. 복어 독으로 알려져 있으며, TTX라고 불리는데요, 이 TTX는 어떻게 생명을 멈추게 하는 것일까요? 이를 이해하기 위해서는 신경 세포들의 정보 전달 체계인 ‘전기 신호’의 원리를 알아야 합니다.



우리 몸의 신경 세포는 전기 신호를 이용해 정보를 전달합니다. 이때 전기 신호는 전선처럼 끊김 없이 이어지는 것이 아니라, 빈 공간인 시냅스를 사이에 두고 신경전달물질을 통해 전달되며, 이 물질이 다음 세포막의 ‘이온 채널’을 열어 이온을 이동시킴으로써 다시 전기 신호로 전환됩니다. 이 과정에서 발생하는 전기 신호의 변화를 ‘활동전위’라고 부르는데, 이 활동전위가 만들어질 때 가장 중요한 통로가 전압 개폐성 나트륨 채널입니다. 신경세포가 자극받으면 시냅스 틈으로 신경전달물질이 분비되고, 이 물질이 다음 신경세포의 채널을 열어 나트륨 이온이 그 안으로 들어오게

함으로써 새로운 활동전위가 발생합니다.

테트로도톡신의 핵심 원리가 바로 이 전압 개폐성 나트륨 채널을 막는 것입니다. TTX가 나트륨 채널을 차단하게 되면 나트륨은 유입되지 않고, 이에 따라 활동전위가 발생하지 못하며, 신경 신호 전달이 차단되는 상황에 이릅니다. TTX가 치명적인 이유는 호흡근의 움직임까지 차단될 수 있기 때문입니다. 숨을 쉬려면 호흡근이 규칙적으로 움직여야 합니다. 그러나 TTX가 신경 신호 전달을 차단하면, 뇌가 숨을 쉬라는 명령을 내려도 그 신호가 호흡근까지 제대로 전달되지 못합니다.

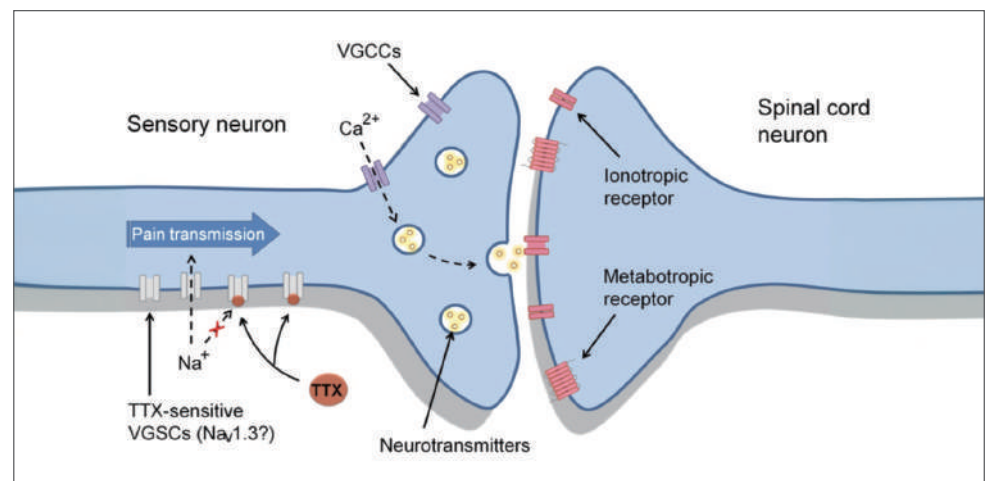


그림 3. 신호 전달 체계의 작동 원리와 TTX

[그림 출처]

그림 1. 정화빈, 「미토콘드리아의 에너지 역류 대사 질환을 유도하는 메커니즘 발견」, 『The Science Times』, 2025.06.16,
<https://www.sciencetimes.co.kr/nscvrg/view/menu/251?searchCategory=223&nscvrgSn=260406>

그림 2. 위키백과

그림 3. <https://blog.naver.com/PostView.naver?blogId=genetic2002&logNo=222445489588&categoryNo=135&parentCategoryNo=0>

그림 4. <https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/getting-know-popular-insecticides-used-iowa-field-crops>

과다 신호를 보내버리는 독, 사린

Sarin

‘사린’이라는 이름이 낯설 수 있지만, 사린은 강력한 독성 때문에 화학무기로 개발 및 사용되고 있는 독입니다. 앞서 언급한 TTX가 신경 신호를 보내지 못하게 한다면, 사린은 뉴런 사이의 신경전달물질을 분해하는 효소를 억제하여, 시냅스에 물질이 과도하게 축적되게 만듦으로써 신경 신호가 끝나지 않고 계속 전달되도록 유도합니다. 다시 말해, TTX가 신경 신호를 보내지 못하게 한다면 이는 신경 신호가 끝나지 않게 만들어 과다 신호를 보내버리는 것입니다.

근육의 수축 원리부터 배워 볼까요? 신경세포가 충분한 자극을 받아 막전위가 일정 수준에 도달하면 전압 개폐성 나트륨 채널이 열리고 활동전위가 발생합니다. 이렇게 되면 신경근 접합부(신경과 근육이 맞닿는 곳)에서는 아세틸콜린이라는 물질이 분

비되고 근육에 수축신호를 전달합니다. 아세틸콜린은 근육 세포의 수용체에 붙어 근육 수축을 유도합니다. 그 후에 AChE라는 효소가 아세틸콜린을 빠르게 분해하여 근육의 수축 후 이완을 유도합니다.

사린과 같은 인(P)화합물을 포함하는 독성물질인 유기인계 독성물질은 이 AChE 효소를 억제합니다. 이에 따라 시냅스에 아세틸콜린이 끊임없이 축적되어 수용체를 과다 자극하고, 결국 근육이 멈추지 않고 격렬하게 수축하는 현상을 초래합니다. 초기에는 온몸의 근육이 과도하게 수축하는 증상으로 시작해 점차 신경-근육 접합부가 마비되어, 신경-근육 접합부가 정상적인 신호를 처리하지 못하게 됩니다. 이로 인해 동공 수축과 구토 그리고 심할 경우 호흡이 불가능해져 질식사에도 이르게 됩니다.

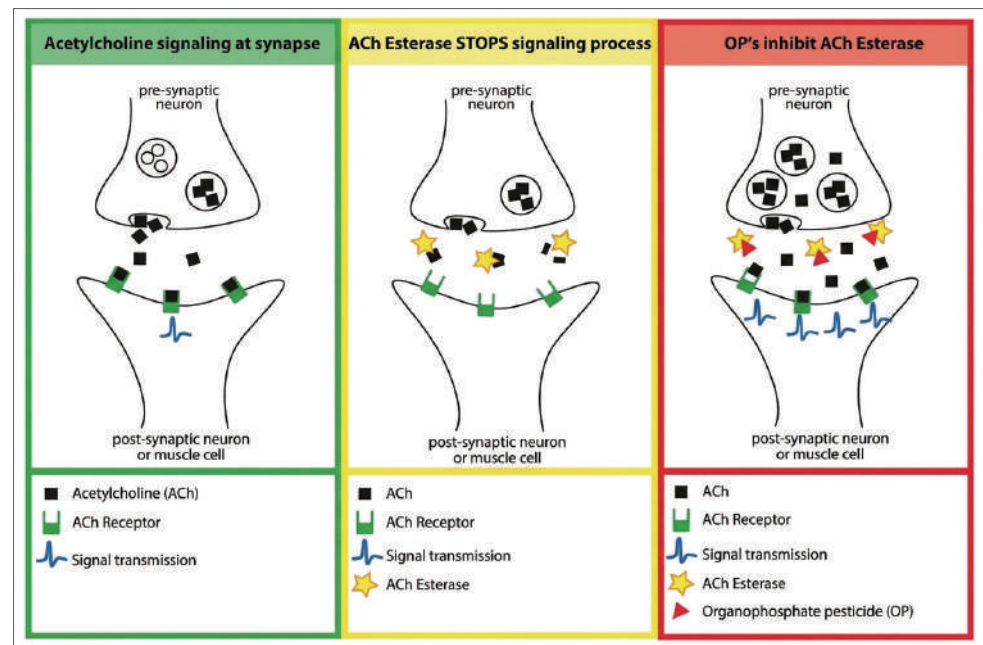


그림 4. AChE 작용 시의 시냅스 기작 변화

독은 결국 우리 몸의 균형을 무너뜨리는 물질입니다. 적절한 순간에 신호를 보내고 필요할 때 신호를 멈추는 우리 몸의 정교한 규칙들. 그 규칙 중 단 하나만 어긋나도 생명은 힘없이 멈춰서고 맙니다. 달기만 해도 두려운 존재였던 독의 기작을 과학의 눈으로 바라보는 일은, 역설적으로 우리 몸이 가진 생명력과 균형의 가치를 가장 깊이 이해하는 첫걸음이 아닐까 합니다.☺

[참고 자료]

1. Harish R. "Tetrodotoxin Toxicity." National Library of Medicine. 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507714>
2. Ashley Dean. Getting to know Popular Insecticides Used in Iowa Field Crops. Iowa State University. 2026. https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/getting-know-popular-insecticides-used-iowa-field-crops?utm_source

생명과학과가 본 치과



시원한 물을 마시다가 치아가 시린 경험은 한 번쯤 다 해봤지? 단 순히 치아가 차가운 온도를 직접 느껴서 이 사람이 생기는 걸까? 실제로는 그보다 더 복잡한 메커니즘이 숨어있어!

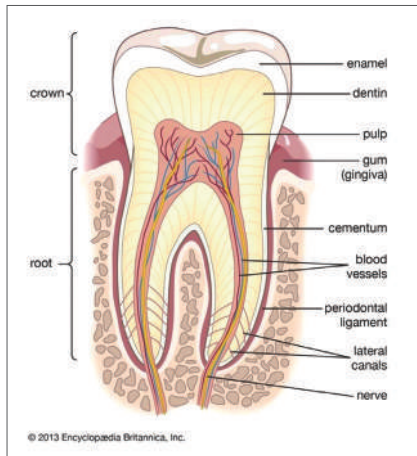


그림 1. 치아의 구조

우리가 입을 벌렸을 때 보이는 치아의 가장 바깥 부분을 법랑질 이라고 해. 그 아래에는 노란빛을 띠는 상아질이 위치하고 있지. 상아질 안에는 상아세관이라고 불리는 작은 관이 있고, 그 관의 내부는 상아세관액이라는 액체로 가득 차 있어. 또한 상아질 안 쪽에는 혈관과 신경이 모여있는 치수도 존재해.

치아가 시린 이유를 가장 잘 설명할 수 있는 이론은 치의학자 브 렌스트롬이 제안한 유체역학 이론이야. 차갑거나 뜨거운 음식, 공기와와의 접촉이나 칫솔질 등으로 인한 자극이 가해지면 상아세 관 속 액체가 빠르게 움직이게 돼. 이때 액체의 급격한 흐름이 상 아질의 치수 경계 부근에서 압력 변화와 기계적 자극을 일으키 고, 통증 신호를 유발하는 것이 브렌스트롬의 이론이야!

그렇다면 왜 유독 찬 음식을 먹을 때 이가 시린 걸까? 우리 몸에 서 통증을 전달하는 신경은 크게 Aδ 신경섬유와 C 신경섬유로 나눌 수 있어. Aδ 신경섬유는 날카롭고 순간적인 통증을 빠르게 전달하고, C 신경섬유는 둔하고 욕신거리는 통증을 느리게 전달 해. 차가운 음식이 치아에 닿으면 상아세관 속 액체는 치아 바깥

쪽으로 이동하게 돼. 이 액체의 흐름이 Aδ 신경섬유를 자극하고 그 신호가 뇌까지 전달되는 거야!

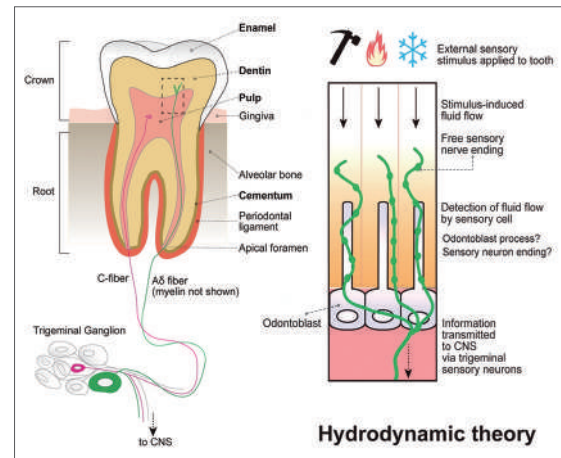


그림 2. Aδ 신경섬유와 자극에 따른 신호 전달 경로

건강한 치아에서는 법랑질이 상아질을 보호하고 있기 때문에 자 극이 상아세관까지 쉽게 전달되지 않아. 하지만 강한 칫솔질이나 산성 음식 등으로 법랑질이 마모되거나, 잇몸이 내려가 상아세관 이 노출되면 작은 자극에도 상아세관액이 크게 움직여 치수의 신 경을 쉽게 자극하게 되는 거야.

‘이가 시리네~’ 하고 넘겼던 현상에도 치아의 구조와 신경이 통 증을 전달하는 과정이 숨어있어. 이번 기회에 우리 몸속에서 일 어나는 신호전달 과정에 관심을 가져보는 건 어떨까? 🦷

[그림 출처]

그림 1. Britannica Editors, "tooth". *Encyclopædia Britannica*, May 20, 2026, <https://www.britannica.com/science/tooth-anatomy>. Accessed July 2 2026.

그림 2. 참고 자료 1과 동일

[참고 자료]

1. Ronan, Elizabeth A., Maximilian Nagel, and Joshua J. Emrick. "The Anatomy, Neurophysiology, and Cellular Mechanisms of Intradental Sensation." *Frontiers in Pain Research* 5 (2024): 1376564. doi: 10.3389/fpain.2024.1376564
2. Brännström, M., and Johnson, G. "Movements of the dentine and pulp liquids on application of thermal stimuli. An in vitro study." *Acta Odontologica Scandinavica* 28, no. 1 (1970): 59-70.
3. 조재형 외 3인, "지각과민치료가 초음파 스케일링 처리된 비우식성 치경부 병소가 있는 치아의 지각과민 증에 주는 영향", 「대한치과재료학회지」 43, no.1 (2016) : 18

컴퓨터공학과가 본 치과



치과에서 분홍색 점도 같은 걸로 입안 구조를 본 떠본 경험 있어? 요즘엔 펜처럼 생긴 도구로 입안을 훑기만 하면 화면에 내 치아의 입체 모형이 떠오른다지 뭐야! 본을 뜨지 않고도 높낮이를 알아내는 비결, 그 원리를 한 번 파헤쳐 볼까?

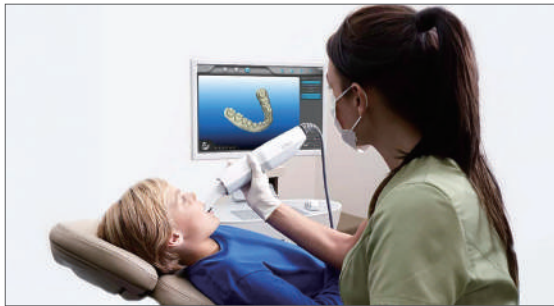


그림 1. 입체 치아 모형을 만드는 3D 구강 스캐너의 모습

위 사진에 보이는 도구의 이름은 3D 구강 스캐너라고 해. 구조광 방식을 사용하는 구강 스캐너는 치아에 줄무늬나 격자 같은 일정한 무늬의 빛을 쏘. 이렇게 정해진 패턴을 표면에 투사하는 걸 ‘패턴 투영법’이라고 해. 평평한 면에선 무늬가 규칙적이지만, 치아 같은 경우 솟은 부분과 파인 부분 때문에 빛이 변형되어 무늬가 찌그러지게 돼.

빛을 쏘는 장치 옆에는 카메라가 달려있어. 광원과 카메라, 그리고 치아 위의 한 점을 이으면 삼각형이 하나 그려지는데, 이 삼각형의 한 변과 두 각을 알면 그 점까지의 거리 R 을 구할 수 있지. 식으로 표현하면 다음과 같아.

$$R = B \frac{\sin(\theta)}{\sin(\alpha + \theta)}$$

이렇게 삼각형의 변과 각으로 거리를 구해내는 방법을 ‘삼각측량법’이라고 불러. 스캐너 속 광원과 카메라는 일정한 간격으로 배치돼 있어서, 둘 사이의 거리와 각도는 이미 정해진 값이야. 카메라가 무늬의 일그러짐을 읽어 광원에서 그 점까지 이어지는 각도만 알아내면 점까지의 거리, 즉 높이와 입체적인 위치를 계산할 수 있지.

스캐너는 무늬 위의 수많은 점마다 이 계산을 수행해서, 표면의 모든 점이 x, y, z 좌표를 갖게 돼. 이때 이 점들의 거대한 집합을 점군(Group Cloud)이라고 불러. 이 점들을 작은 삼각형 면으로 이어서 그물처럼 엮으면 비로소 입체 표면, 즉 메시(Mesh)가 되는 거야. 이때 점들을 연결하는 대표적인 방법 중 하나가 ‘들로네 삼각분할’이야. 이는 만들어진 각 삼각형의 외접원 안에 점군의 다른 점이 들어가지 않도록 점들을 연결하는 방법이지. 덕분에 뾰족하거나 찌그러진 삼각형이 줄어들고, 안정적인 면을 만들어낼 수 있지!

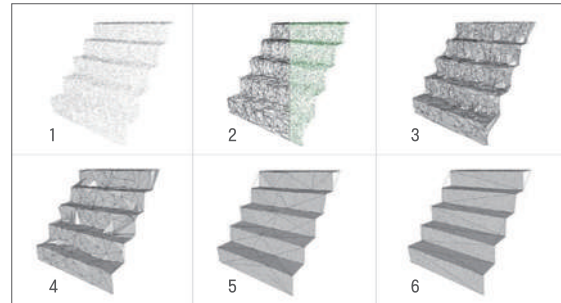


그림 2. 흩어진 점군이 들로네 삼각분할을 거쳐 점점 매끄러운 삼각형 메시로 완성되는 과정

결과적으로 3차원 모델은 교정 장치나 임플란트 설계에 쓰이게 돼! 공학 기술로 2차원을 3차원까지 확장한 셈이지. 다음에 치과에서 구강 스캐너가 입속을 훑을 때면, 점들이 삼각형으로 이어지며 치아가 그려지는 과정을 떠올려 봐! ㉔

[그림 출처]

그림 1. Harris, Ellis, & Moon Orthodontics. "Digital Impressions." Harris, Ellis, & Moon Orthodontics. <https://www.ellismoonorthodontics.com/patient-info/digital-impressions>

그림 2. 참고 자료 2와 동일

[참고 자료]

- 김려운, 정근원, 허유리, 손미경. "치과 디지털 인상의 이해와 적용." 『대한치과재료학회지』 41, no. 4(2014): 253-261.
- 김남균. "구강스캐너 핵심기술과 구강스캐너의 작동원리와 종류 - 공조점 현미경 방식, 광삼각법, 광간섭 단층영상(OCT)." 『네이버 블로그』, 2023년 4월 22일. <https://blog.naver.com/gsu4525/223082264210>
- 민방. "들로네 삼각분할(Delaunay Triangulation)." 『민공부방』, 2023년 2월 13일. <https://minstudyroom.tistory.com/2>
- support. "3차원 스캐너의 측정 원리." 『OMA(오엠에이)』, 2021년 4월 28일. <https://www.omagom.co.kr/forum/view/509257>

신소재공학과가 본 치과



어라? 교정기를 착용하니 1년 전에는 고르지 않았던 치아가 지금은 정돈되었네? 그렇다면 교정 초기에 치아 형태에 맞춰 부착된 휘어진 철사가 시간이 지나면서 가지런한 형태로 펴지는 원리는 무엇일까? 외부에서 추가적인 힘을 가하지 않았는데도 철사가 스스로 펴지면서 치아를 고르게 만드는 원리에 대해 함께 알아보자!



그림 1. 교정기 착용 모습

교정기에 사용되는 대표적인 재료는 니켈-티타늄 기반의 형상기억합금(니티놀)이야. 이 합금은 기억된 형태가 있어서, 휘어지더라도 다시 원래의 형태로 돌아가려는 성질을 가져.

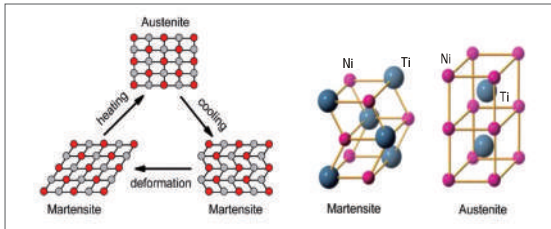


그림 2. 오스테나이트와 마르텐사이트

이건 단순 탄성 복원¹이 아니라, 금속 내부 구조가 바뀌는 고체-고체 상변화 덕분이야. 니티놀은 온도와 응력²에 따라 마르텐사이트와 오스테나이트라는 서로 다른 결정 구조 사이를 오가. 이 과정에서 고체 상태를 유지한 채 원자들이 서로의 상대적 위치를 조금씩 바꾸는 고체-고체 상변화가 일어나게 돼. 그래서 빠르고 가역적인 전환이 가능하지! 입안 온도에서 니티놀은 대체로 대칭성이 높고 안전한 오스테나이트 구조를 가져. 반면, 교정기를 장착해 와이어가 강제로 휘어지면 그 응력을 견디기 위해서 모양을 바꾸는 데 유리한 마르텐사이트 구조로 변신하게 되지. 치아가 움직이며 와이어의 응력이 줄어들면 마르텐사이트가 다시 오스테나이트로 변하면서 원래 형태로 돌아가려는 힘이 생기고, 이 힘이 치아에 전달돼.

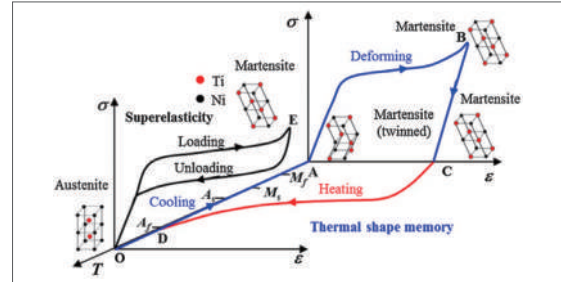


그림 3. 오스테나이트-마르텐사이트 상변화

니티놀이 교정에 특히 적합한 이유는 '초탄성' 덕분이야. 일반 금속은 탄성 범위 안에서 많이 휘어질수록 복원력³이 세져. 하지만 교정용 와이어는 일정 범위에서 많이 휘어져도 내부 구조가 변하면서 힘을 흡수하기에, 치아에 전달되는 힘이 일정하게 유지돼. 덕분에 철사가 심하게 구부러진 교정 초기에도 잇몸이 다치지 않을 만큼 적당한 힘만 가해지고, 그 이후까지도 적절한 힘을 오래 유지할 수 있는 거야. 이 힘이 치아 주변 조직에 압박을 가해, 압박받는 쪽에서는 잇몸뼈가 조금씩 흡수되고 반대쪽에서는 새로운 뼈가 형성되어 치아가 안전하게 이동하지! 다음에 교정기를 보면, 입안에서 구조를 바꾸며 일하는 니티놀의 상변화 메커니즘을 떠올려 봐!👀

[각주]

1. 재료가 변형된 후 원래 형태로 되돌아가는 능력
2. 단위 면적당 가해지는 힘
3. 잡아당기거나 늘려서 변형을 가했을 때 원상태로 복원하려는 힘

[그림 출처]

- 그림 1. 예미안 치과교정과. "교정장치 종류." "예미안 치과교정과.", http://yemian.com/sub2/sub2_2.html
- 그림 2. Rivera, Eric, and Mahmood Mamivand. "Phase Field Modeling of Martensitic Phase Transformation of Nitinol." Idaho Conference on Undergraduate Research, Boise State University, 2018. <https://www.semanticscholar.org/paper/Phase-Field-Modeling-of-Martensitic-Phase-of-Rivera-Mamivand/62fe9b7053a296f467a4a58082e254dc81751565>
- 그림 3. Fu, C. H., M. P. Sealy, Y. B. Guo, and X. T. Wei. "Austenite-Martensite Phase Transformation of Biomedical Nitinol by Ball Burnishing." *Journal of Materials Processing Technology* 214, no. 12 (2014): 3122-3130.

[참고 자료]

1. Ahmed Asif, Samiul Islam Pranto, Moshud Hasan Al Faruq, Mst. Tasnia Tabassum Kasfia, and Adib Bin Rashid. "A Comprehensive Overview of Shape Memory Alloys: Recent Advances in Fabrications, Properties, and Applications for Next-Generation Smart Systems." *Next Materials* 10 (2026): 101441. <https://doi.org/10.1016/j.nxmate.2025.101441>
2. Molberg, Alvin. "Application of Shape Memory Alloys(SMAs) and SMA Simulation." *CAE Assistant*. Nov 14, 2024. <https://coeassistant.com/ko/%EB%B8%94%EB%A1%9C%EA%B7%B8/%ED%98%95%EC%83%81-%EA%B8%B0%EC%96%B5-%ED%95%A9%EA%B8%88-%EC%99%80%EC%9D%B4%EC%96%B4-smo-%EC%8B%9C%EB%AE%AC%EB%A0%88%EC%9D%B4%EC%85%98>

화학공학과가 본 치과



다들 충치가 생겨본 적, 한 번쯤 있지? 사실 충치는 단순히 충치균이 치아를 갉아 먹어서 생기는 게 아니야. 충치가 생기는 과정에 숨겨진 화학적 원리, 함께 알아볼까?

일반적으로 충치는 치아의 가장 바깥층을 덮는 법랑질에서 시작돼. 법랑질은 약 96%가 무기질로 구성되어 있으며, 그 무기질의 주성분은 하이드록시아파타이트(Hydroxyapatite, HA)야. 충치는 탈회와 재광화가 반복되는 과정에서 탈회가 재광화보다 더 우세할 때 생겨. 그렇다면 탈회는 무엇일까? 우리가 탄수화물, 특히 당류를 먹으면 입안의 세균은 이를 대사해서 젖산과 같은 유기산을 만들어나. 이에 따라 수소 이온(H^+)이 많아지면, HA를 구성하는 수산화 이온(OH^-)은 H^+ 와 반응해 물을 만들고, 인산 이온(PO_4^{3-})은 양성자화¹ 하면서 평형은 부족한 두 이온을 보충하는 방향, 즉 HA가 녹는 방향으로 이동하게 돼. 그 결과 칼슘과 인산 이온이 치아 밖으로 빠져나가게 되는데, 이를 탈회라고 해.

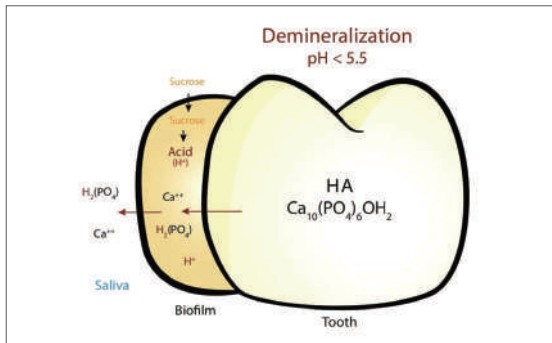


그림 1. 탈회 과정

하지만 치아가 계속 녹기만 하는 건 아니야. 초기 탈회로 손실된 무기질이 다시 보충되는 과정인 재광화가 있거든! 이 복구 시스템의 핵심은 바로 침이야. 침에는 탄산수소 이온(HCO_3^-)이 포함되어 있어 완충² 역할을 해. 그렇기에 침을 통해 구강 내 산성도(pH)를 다시 중성에 가깝게 되돌려놓을 수 있어. 또한 침에는 칼슘과 인산 이온이 포함되어 있어 탈회로 빠져나간 미네랄을 치아

표면으로 공급해 다시 치아 결정 구조 안으로 들어가도록 하기도 해. 이 과정에서 손상된 법랑질의 구조가 일부 복구되는데 이를 재광화라고 하는 거야.

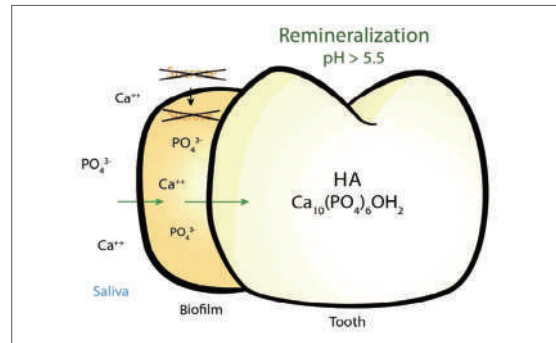


그림 2. 재광화 과정

이처럼 입속에서는 탈회와 재광화가 반복되고 있어. 매일 치아는 조금씩 녹고, 다시 조금씩 회복되고 있는 거지. 하지만, 탈회와 재광화의 균형이 깨지면 문제가 생겨. 구강 내 pH가 약 5.5 이하가 되면 법랑질이 본격적으로 용해되기 시작하면서, 탈회가 재광화보다 빠르게 진행되거든. 이 상태가 지속되면 치아 표면이 약해지고, 결국 충치로 이어지는 거야. 신기하게도 충치는, 산성 환경에서 법랑질이 녹는 탈회와 우리 몸의 복구 시스템인 재광화 사이의 평형이 무너진 결과였던 거야! 🦷

[각주]

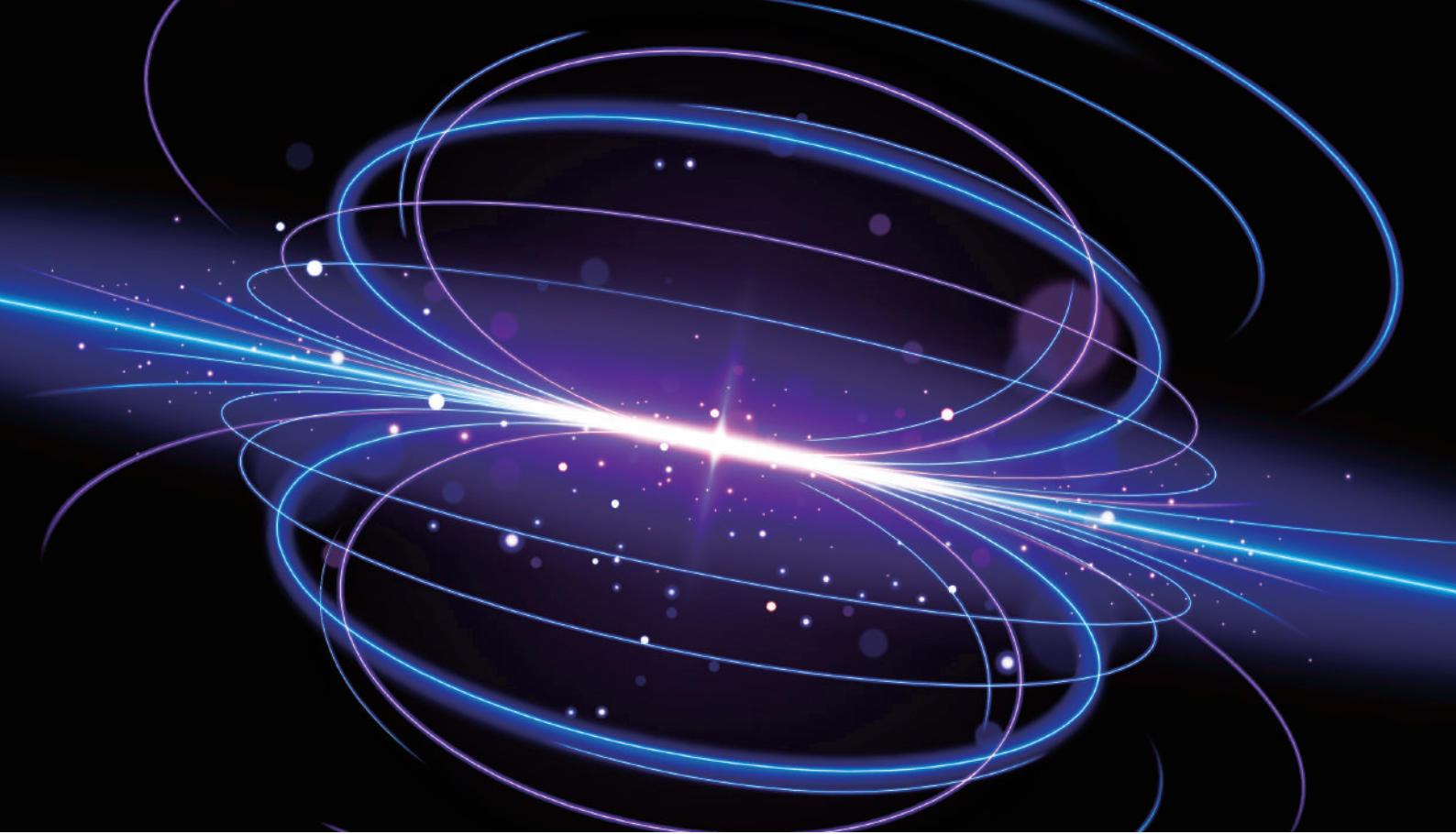
1. 화학에서 원자, 분자, 이온에 양성자를 부가하여 짝산을 형성하는 것
2. 산, 염기를 가하더라도 pH가 크게 변하지 않고, 일정하게 유지되는 현상

[그림 출처]

그림 1-2. 참고 자료 2와 동일

[참고 자료]

1. Abou Neel, Ensonya Ali, Anas Aljaba, Adam Strange, Salwa Ibrahim, Melanie Coathup, Anne M. Young, Laurent Bozec, and Vivek Mudera. "Demineralization-Remineralization Dynamics in Teeth and Bone." *International Journal of Nanomedicine* 11 (2016): 4743-4763.
2. Bachand, William R., Olivia L. Fraser, and Jane N. Park. "The Delicate Balance of Remineralization and Demineralization." *Decisions in Dentistry*. September 6, 2022. <https://decisionsindentistry.com/article/delicate-balance-remineralization-demineralization/>



변위 전류와 앙페르 법칙

Displacement Current & Ampère's Law

© 무은재학부 26학번 32기 알리미 박은규

변위 전류는 시간에 따라 변하는 전기장이 자기장을 만들어내는 효과입니다. 일반적인 전류는 전하의 이동으로 자기장을 만들어내지만, 변위 전류는 전하가 직접 이동하지 않는 공간에서 자기장이 형성되는 경우를 설명합니다. 맥스웰은 이 현상을 설명하기 위해 기존 앙페르 법칙에 변위 전류라는 개념을 더했습니다. 변위 전류에 대해 알아보까요?

앙페르 법칙은 전류와 자기장의 관계를 나타내는 법칙입니다. 식으로 표현하면 $\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$ 이고 여기서 $\vec{B}$ 는 자기장, $d\vec{l}$ 은 폐곡선을 따라서 잡은 작은 길이 요소, μ_0 는 진공의 투자율¹, I 는 폐곡선이 둘러싼 전류를 의미합니다.

이 법칙은 긴 직선 도선을 생각하면 쉽게 이해할 수 있습니다. 전류 I 가 흐르는 직선 도선 주위에는 원형 자기장이 생기며, 도선에서 거리가 r 만큼 떨어진 곳의 자기장 크기는 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ 입니다. 도선을 중심으로 반지름 r 인 원형 폐곡선 C 를 잡으면, 이 경로 위에서 자기장의 크기는 일정하고 방향은 경로의 접선 방향과 같습니다.

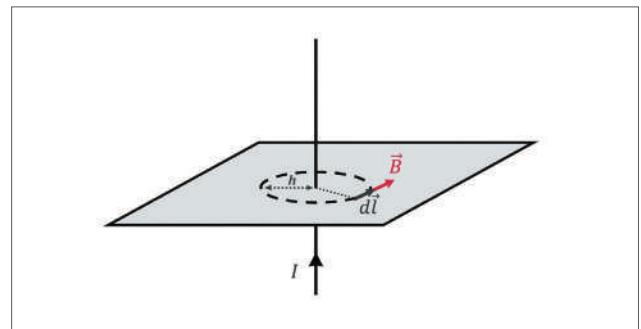


그림 1. 직선 도선에서 흐르는 전류와 자기장

따라서 $\vec{B} \cdot d\vec{l} = Bdl$ 이고 $\oint_c \vec{B} \cdot d\vec{l} = B \oint_c dl = B(2\pi r)$ 입니다. 여기에 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ 를 대입하면 다음이 됩니다.

$$\oint_c \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$$

즉, 닫힌 경로를 따라 더한 자기장은 그 경로가 감싸는 전류와 관련된다는 것을 확인할 수 있습니다.

그런데 이 법칙을 축전기²가 충전되는 상황에 적용하면 어떻게 될까요? 축전기는 두 금속판이 떨어져 있기 때문에, 도선에서는 전류가 흐르지만 금속판 사이에서는 전자가 직접 이동할 수 없습니다.

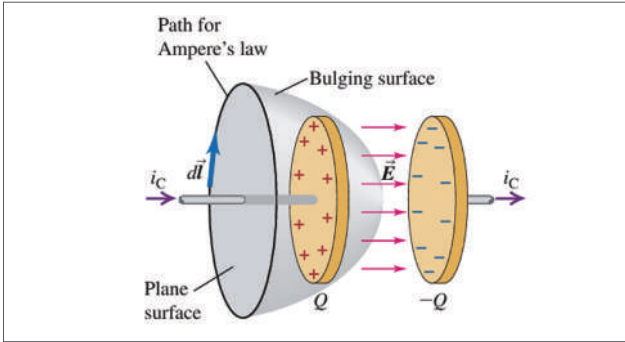


그림 2. 축전기 충전 과정에서 나타나는 앙페르 법칙의 모순

그림 2에서 도선을 자르는 평평한 면을 잡으면 그 면을 전류 I 가 통과하므로 $\oint_c \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$ 가 됩니다. 하지만 같은 폐곡선을 경계로 하면서 면이 축전기 판 사이를 지나가도록 잡으면, 그 면을 직접 통과하는 전하는 없으므로 전류는 0이 됩니다. 맥스웰은 이 모순을 해결하기 위해, 축전기 사이에서 시간에 따라 변하는 전기장이 전류와 같은 역할을 한다고 보았고, 이를 변위 전류라고 정의했습니다.

축전기가 충전될수록 한쪽 금속판에는 $+Q$, 다른 쪽 금속판에는 $-Q$ 가 쌓입니다. 그러면 두 금속판 사이의 전기장 $\vec{E}$ 가 변하고, 이에 따라 전기 선속 Φ_E 도 함께 변합니다. 전기 선속은 어떤 면을 통과하는 전기장의 양을 나타내며, $\Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$ 로 정의됩니다. 축전기 사이의 전기장이 거의 균일하다고 가정하고 가장자리 효과를 무시하면, 전기 선속은 $\Phi_E = EA$ 로 쓸 수 있습니다. 여기서 E 는 전기장의 크기, A 는 축전기 판의 면적입니다. 이제 전하량 Q 와 전기 선속의 관계를 생각해 봅시다. 가우스 법칙⁴에 따르면 전기 선속과 전하량은 $\Phi_E = \frac{Q}{\epsilon_0}$ 의 관계를 가집니다. 이를 정리하면 $Q = \epsilon_0 \Phi_E$ 가 되고, 양변을 시간에 대해 미분하면 $\frac{dQ}{dt} = \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$ 가 나옵니다. 여기서 $\frac{dQ}{dt}$ 는 도선을 흐르는 전도 전류⁵ I 입니다. 한편, 축전기 사이에서는 전자가 직접 이동하지 않지만 전기 선속이 시간에 따라 변하는데, 이때 전기 선속의 시간 변화율에 진공에서의 유전율 ϵ_0 를 곱한 값이 변위 전류가 됩니다.

$$I_d = \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

이를 반영하면 앙페르 법칙은 변위 전류를 포함해 다음과 같이 나타낼 수 있습니다.

$$\oint_c \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 (I + I_d)$$

여기에 앞서 유도한 변위 전류를 대입하면 다음의 식을 얻을 수 있습니다.

$$\oint_c \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

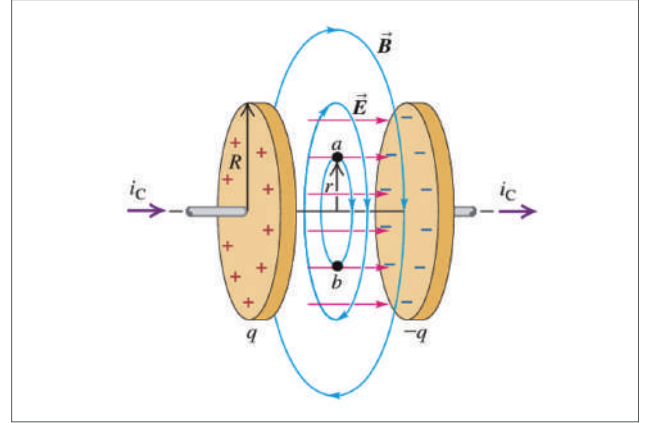


그림 3. 축전기 판 사이의 변위 전류와 자기장

지금까지 알아본 것처럼, 변위 전류는 실제 전하가 이동하지 않는 공간에서도 자기장이 만들어질 수 있음을 설명하는 개념입니다. 기존 앙페르 법칙이 실제 전하의 이동에 의한 전류만 고려했다면, 맥스웰은 여기에 시간에 따라 변하는 전기장의 효과를 더해 전류와 자기장의 관계를 더 넓게 정리했습니다. 변위 전류에 대해 더 궁금하다면 전자기학의 핵심인 맥스웰 방정식에 관해서도 찾아보는 것은 어떨까요? ●

[각주]

1. 자기장 내에서 물질이 자화되는 정도
2. 전기 회로에서 전하를 저장하고, 그 과정에서 전기 에너지를 저장하는 부품
3. 축전기 판의 끝부분에서 전기장이 바깥쪽으로 퍼지거나 휘어지는 현상
4. 전하량과 그 전하가 만드는 전기 선속의 관계를 설명하는 법칙
5. 도선이나 금속 같은 도체 내부에서 전위차로 인해 자유전자가 실제로 이동하며 발생시키는 전하의 흐름

[그림 출처]

그림 1. Martin, Ryan D., Emma Neary, Joshua Rinaldo, and Olivia Woodman. "22.3: Ampere's Law." *LibreTexts Physics*. Last updated March 28, 2024.

https://phys.libretexts.org/Bookshelves/University_Physics/Book%3A_Introductory_Physics_-_Building_Models_to_Describe_Our_World_%28Martin_Neary_Rinaldo_and_Woodman%29/22%3A_Source_of_Magnetic_Field/22.03%3A_Ampere's_Law

그림 2-3. Young, Hugh D., and Roger A. Freedman. *University Physics with Modern Physics*. 15th ed., Hoboken: Pearson, 2019.

[참고 자료]

1. Young, Hugh D., and Roger A. Freedman. *University Physics with Modern Physics*. 15th ed., Hoboken: Pearson, 2019.



시간 복잡도

Time Complexity

© 컴퓨터공학과 25학번 31기 알리미 이현승

프로그래밍에서는 올바른 코드를 작성하는 것만큼 효율적인 해결 방법을 선택하는 일도 중요합니다. 같은 문제라도 선택하는 알고리즘에 따라 연산량이 크게 달라질 수 있기 때문입니다. 그렇다면 알고리즘의 효율성은 어떻게 비교할 수 있을까요?

실제 실행 시간은 컴퓨터의 성능이나 프로그래밍 언어에 따라 다르기에 공정한 기준이 되기 어렵습니다. 따라서 알고리즘의 효율성을 비교할 때는 주로 시간 복잡도를 사용하는데, 이는 실제 시간 대신 입력 크기를 나타내는 1 이상의 자연수 n 이 커질 때 기본 연산 횟수 $T(n)$ 이 얼마나 빠르게 증가하는지를 의미합니다. 같은 크기의 입력이라도 데이터의 배열이나 찾는 값의 위치에 따라 연산 횟수가 달라질 수 있으므로, 시간 복잡도는 흔히 최선, 평균, 최악의 경우로 나누어 분석합니다.

$T(n)$ 의 증가율은 점근 표기법¹으로 표현합니다. 증가율의 상한을 나타낼 때는 빅오(Big O) 표기법을 사용하여 $T(n) = O(g(n))$ 이라고 씁니다. 이는 어떤 양의 상수 c 와 기준이 되는 입력 크기 n_0 가 존재하여, $n \geq n_0$ 인 모든 경우에 $T(n) \leq cg(n)$ 이 성립한다는 뜻입니다. 반대로 같은 조건에서 $T(n) \geq cg(n)$ 이 성립하면 빅 오메가(Big Omega) 표기법을 사용하여 $T(n) = \Omega(g(n))$ 이라고 씁니다. 이는 증가율의 하한을 나타냅니다.

증가율의 상한과 하한을 동시에 나타낼 때는 빅 세타(Big Theta) 표기



법²을 사용하여 $T(n) = \Theta(g(n))$ 이라고 씁니다. 이때 $T(n) = O(g(n))$ 이면서 $T(n) = \Omega(g(n))$ 이면 $T(n) = \Theta(g(n))$ 으로 나타낼 수 있습니다. 이는 $T(n)$ 과 $g(n)$ 이 정확히 같다는 뜻이 아니라, 상수배의 차이를 제외하면 같은 정도로 증가한다는 의미입니다.

예를 들어 $T(n) = 3n^2 + 2n + 1$ 일 때를 살펴봅시다. $n \geq 1$ 라는 조건에서 $2n \leq 2n^2$ 이고 $1 \leq n^2$ 이므로 $3n^2 \leq T(n) \leq 6n^2$ 이 성립합니다. 따라서 $T(n)$ 은 n^2 의 일정한 상수배 사이에 놓이므로 $T(n) = \Theta(n^2)$ 입니다. 계수 3과 낮은 차수의 항 $2n + 1$ 을 임의로 버린 것이 아니라, 이 항들이 있어도 함수의 증가 정도가 n^2 과 같음을 부등식으로 확인한 것입니다.

실제 알고리즘에서는 $\Theta(1)$, $\Theta(\log n)$, $\Theta(n)$, $\Theta(n^2)$ 과 같은 증가 형태가 자주 나타납니다. $\Theta(1)$ 은 입력 크기와 관계없이 연산 횟수가 일정한 수준을 유지하는 경우입니다. $\Theta(\log n)$ 은 탐색할 대상의 수를 일정한 비율로 줄이는 알고리즘에서 흔히 나타나고, $\Theta(n)$ 은 연산 횟수가 입력 크기에 비례하는 경우입니다. $\Theta(n^2)$ 은 입력이 두 배가 될 때 연산 횟수가 약 네 배로 증가합니다. 입력이 커질수록 이들 사이의 연

산량 차이는 빠르게 벌어지므로, 입력량이 많은 경우에는 시간 복잡도를 비교해 입력 크기에 따른 연산량의 증가가 더 완만한 알고리즘을 선택하는 것이 대체로 유리합니다.

이 차이는 선형 탐색³과 이진 탐색⁴을 비교하여 선명하게 확인해 볼 수 있습니다. 선형 탐색 과정에서 원하는 이름이 명단의 처음에 있으면 한 번만 확인하면 되지만, 마지막에 있거나 명단에 없다면 n 명을 모두 확인해야 합니다. 따라서 선형 탐색은 최악의 경우 $\Theta(n)$ 의 시간 복잡도를 가집니다. 반면 가나다순으로 정렬된 명단에서는 가운데 이름을 확인한 뒤 필요 없는 절반을 제외하는 이진 탐색을 사용할 수 있습니다.

탐색 범위는 $n, \frac{n}{2}, \frac{n}{4}$ 처럼 줄어들며, k 번 뒤에는 $\frac{n}{2^k}$ 개가 남습니다. 이 값이 1이 되려면 $2^k = n$ 이므로 연산 횟수 $k = \log_2 n$ 입니다. 따라서 이진 탐색은 탐색 대상을 단계마다 절반으로 줄이므로, 최악의 경우 $\Theta(\log n)$ 의 시간 복잡도를 가집니다. 즉, 정렬된 명단에서는 입력이 클수록 이진 탐색이 더 적은 연산을 수행합니다.

시간 복잡도는 검색 엔진과 지도 앱의 경로 탐색, 인공지능 학습 등 다양한 컴퓨터 시스템의 효율성을 판단하는 데 활용됩니다. 처리할 데이터가 많아질수록 같은 시간과 컴퓨팅 자원으로 감당할 수 있는 데이터의 규모가 시간 복잡도에 따라 달라지기 때문입니다. 이처럼 시간 복잡도는 제한된 자원 안에서 적절한 알고리즘을 선택하는 수학적 기준이 됩니다. 더 궁금하다면 시간 복잡도와 마찬가지로 점근 표기법을 이용해 입력 크기에 따라 메모리 사용량이 어떻게 증가하는지를 나타내는 공간 복잡도도 살펴보는 것은 어떨까요?⑥

[각주]

1. 입력 크기가 충분히 커졌을 때 함수가 어떤 속도로 증가하는지를 나타내는 방법
2. 어떤 양의 상수 c_1 , c_2 와 기준이 되는 입력 크기 n_0 가 존재하여, $n \geq n_0$ 인 모든 경우에 $c_1 g(n) \leq T(n) \leq c_2 g(n)$ 이 성립할 때 $T(n)$ 의 증가율을 나타내는 표기법
3. 원하는 값을 찾을 때까지 차례대로 자료의 처음부터 각 항목을 확인하는 탐색 방법
4. 정렬된 자료에서 가운데 값을 기준으로 탐색 범위를 절반씩 줄여 가며 원하는 값을 찾는 탐색 방법

[참고 자료]

1. MIT OpenCourseWare. "Recitation 1." 6.006 Introduction to Algorithms. Spring 2020. https://ocw.mit.edu/courses/6-006-introduction-to-algorithms-spring-2020/resources/mit6_006s20_r01/.



고등학교 수학에서는 주로 연속함수를 많이 다룹니다. 하지만 실생활에서 우리가 다루는 데이터들은 대부분 불연속적입니다. 3분 단위로 측정한 온도 값, 1분 단위로 측정한 고도값 등이 대표적입니다. 그러면 직접 측정하지 못한 그 사이의 값들은 어떻게 구할 수 있을까요? 본문에서는 이 질문에 대한 수학적 해답 중 하나인 라그랑주 보간법에 대해 다루고자 합니다.

‘보간’이란 주어진 데이터를 모두 지나는 함수를 찾는 것입니다. ‘라그랑주 보간법’이란 n 개의 서로 다른 데이터 (x, y) 가 주어졌을 때, 이 데이터를 모두 지나는 가장 낮은 차수의 다항식을 구하는 기법입니다. 데이터가 2개 주어졌다면, 이 두 점을 모두 지나는 가장 낮은 차수의 다항식은 1차 이하의 함수입니다. 마찬가지로, 데이터가 3개 주어졌다면, 주어진 점을 모두 지나는 가장 낮은 차수의 다항식은 2차 이하의 함수입니다. 그러면 n 개의 데이터를 모두 지나는 가장 낮은 차수의 다항식은 $n - 1$ 차 이하의 함수일까요? 그리고 그런 다항식은 유일하게 존재할까요? 다음 정리를 통해 알아보도록 합니다.

정리 (라그랑주 보간 다항식의 존재성과 유일성)

x 좌표가 서로 다른 n 개의 데이터 $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ 이 주어졌을 때, 이 점들을 모두 지나는 차수가 $n - 1$ 이하인 다항식 $P(x)$ 는 존재하며, 오직 하나뿐이다.

존재성을 보이기 전에, 라그랑주 보간 다항식이 어떤 형태를 가져야 할지에 대해 함께 고민해 봅시다. 우리가 구하려는 다항식 $P(x)$ 는 x_1 을 대입하면, y_1 이 나오고, x_n 을 대입하면 y_n 이 나오는 함수여야 합니다. 이때 y 값은 결국 상수이기 때문에, 특정 x 값만을 걸러내는 함수를 구성할 수 있다면 $P(x)$ 를 찾는 일은 그리 어렵지 않게 됩니다.

$$L_i(x) = \frac{(x - x_1) \cdots (x - x_{i-1})(x - x_{i+1}) \cdots (x - x_n)}{(x_i - x_1) \cdots (x_i - x_{i-1})(x_i - x_{i+1}) \cdots (x_i - x_n)} = \prod_{j \neq i} \frac{x - x_j}{x_i - x_j}$$

함수 L_i 는 x_i 에서 함수값이 1이고, x_i 가 아닌 다른 모든 x_j 에 대해서는 함수값이 0인 $n - 1$ 차 다항함수입니다. 각 L_i 에 y_i 를 곱하면, x_i 에서는 함수값이 y_i 이고, 다른 모든 x_j 에서는 함수값이 0이 되므로, 다항식 $P(x)$ 는 다음과 같이 구할 수 있습니다.

$$P(x) = \sum_{i=1}^n y_i L_i(x)$$

L_i 의 차수와 성질에 의해, $P(x)$ 는 주어진 모든 점을 지나고 차수가 $n - 1$ 이하인 다항식입니다. 이처럼 주어진 데이터만을 활용하여 조건을 만족하는 다항식 $P(x)$ 를 구체적인 식으로 유도할 수 있으므로, 이러한 $P(x)$ 는 항상 존재합니다. 유일성에 대한 증명은 연습문제로 남기도록 하겠습니다.

우리는 데이터가 많을수록 실제 현상을 더 정교하게 표현할 수 있을 것이라는 기대를 하고 있습니다. 하지만 일정 간격으로 수집한 데이터가 많아질수록 우리의 직관에 반대되는 결과가 나오기도 합니다. 다음의 예시를 통해 살펴봅시다.

2차원 평면 위의 한 점 $(0, d)$ 에 단위 전하를 두고, x 축을 따라 일정한 간격으로 센서를 배치하여 전위 분포를 측정하는 실험입니다. $V(x)$ 는 전하와의 거리에 반비례하므로 다음과 같이 주어집니다.

$$V(x) = \frac{k}{\sqrt{x^2 + d^2}} = \frac{5}{\sqrt{1 + 25x^2}}$$

여기서 계산의 편의를 위해 단위를 생략하고, $k = 1, d = \frac{1}{5}$ 로 둡시다. $[-1, 1]$ 구간에 등간격으로 센서를 각각 5개, 10개, 15개씩 배치하여 데이터를 수집했다고 가정해 보겠습니다. 이때 센서의 개수 변화에 따른 라그랑주 보간 다항식의 그래프를 살펴봅시다.

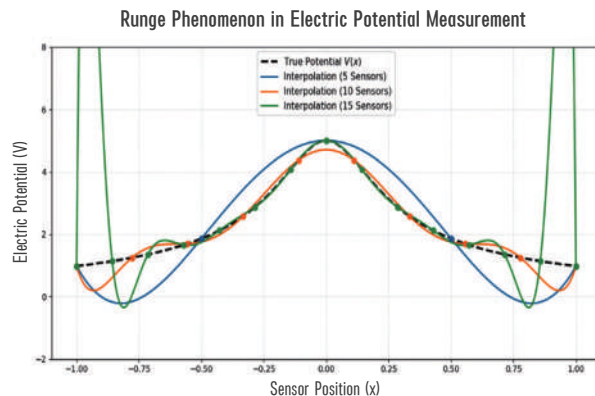


그림 1. 거리에 따른 전위 측정값 그래프

그림 1에서 볼 수 있듯, 일정 간격으로 배치한 센서의 개수를 늘릴수록 구간 양 끝에서 라그랑주 보간 다항식의 값은 참값과 매우 크게 차이가 납니다. 이러한 현상을 룬게 현상(Runge Phenomenon)이라고 부릅니다.

이를 해결하는 첫 번째 방법은 x 축 위 센서의 배치, 즉 데이터의 간격을 조절하는 것입니다. 구간 내에서 데이터를 등간격으로 수집하는 대신, 구간 양 끝에 가까울수록 데이터를 더 촘촘히 수집하는 방식입니다. 전위 측정 실험을 다시 살펴보면, 센서를 등간격으로 배치하기보다는 측정 구간을 지름으로 하는 반원의 호를 등간격으로 분할한 뒤, 이 점들을 x 축 위로 사영시킨(수선의 발을 내린) 자리에 센서를 배치하는 것입니다. 이러한 배치를 체비쇼프 노드라고 부릅니다.

만약 센서의 배치를 바꿀 수 없다면, 하나의 고차 다항식을 활용하는 대신 저차 다항식을 여러 개 이어 붙이는 방식을 고려해 볼 수 있습니다. 전체 구간을 여러 개의 하위 구간으로 분할한 뒤, 구간별로 3차 이하의 보간 다항식을 할당하는 것입니다. 이 다항식들을 각 경계에서 연속적이고 미분할 수 있게 연결한 것을 삼차 스플라인 보간법이라고 합니다.

이처럼 다루기 쉬운 다항함수를 활용하여 불연속적인 데이터 사이의 빈틈을 메우는 보간 기법을 알아보았습니다. 데이터를 양 끝으로 촘촘히 모으거나 구간을 조각내어 처리하는 전략은 라그랑주 보간법의 한계를 극복할 수 있으며, 현실의 불연속적인 데이터를 자연스럽게 잇는 강력한 도구가 됩니다. ●

188호 문제

문제 1 라그랑주 보간 다항식의 유일성을 증명하시오.

(힌트: 대수학의 기본 정리)

문제 2 구간 $[-1, 1]$ 위의 세 점 $x = -1, 0, 1$ 에서

전위 함수 $V(x) = \frac{k}{\sqrt{x^2 + d^2}}$ 를 생각하자.

1. 라그랑주 보간 다항식 $P(x)$ 를 구하시오.
2. $x = 0.75$ 에서의 보간 오차 $V(x) - P(x)$ 를 매개변수 d 에 대한 함수 $E(d)$ 로 나타내시오.
3. 2번에서 구한 $E(d)$ 의 식을 바탕으로 $d \rightarrow 0+$ 일 때와 $d \rightarrow \infty$ 일 때 오차의 거동을 비교하시오.

187호 풀이

문제 1 부동소수점(Floating Point) 체계에서 분배법칙이 항상 성립하지는 않음을 반례를 제시해 증명하라.

풀이 1 부동소수점 체계에서는 연산 순서에 따라 반올림 오차가 누적되는 시점이 달라지므로 분배법칙 $a \times (b + c) = (a \times b) + (a \times c)$ 가 항상 성립하지는 않는다.

본문의 0.1과 0.2를 활용해 $a = 10, b = 0.1, c = 0.2$ 라고 가정해 보자.

$$\begin{aligned} \text{좌변: } 10 \times (0.1 + 0.2) &= 10 \times 0.30000000000000004 \\ &= 3.0000000000000004 \end{aligned}$$

$$\text{우변: } (10 \times 0.1) + (10 \times 0.2) = 1.0 + 2.0 = 3.0$$

좌변과 우변의 결과값이 다르므로, 부동소수점 체계에서 분배법칙은 보장되지 않음을 알 수 있다.

문제 2 최근 인공지능(AI) 시대에는 AI 연산에 64비트 배정밀도보다 32비트 단정밀도(또는 16비트) 부동소수점을 주로 사용한다. 그 이유가 무엇인지 서술하라.

풀이 2 하드웨어 효율성과 AI 모델의 수학적 특성 때문이다. 64비트 대신 32비트를 사용하면 같은 수의 값을 저장하는 데 필요한 메모리와 전송해야 하는 데이터의 양을 절반으로 줄일 수 있어, 한정된 자원 내에서 연산 속도를 비약적으로 높일 수 있다. 또한 딥러닝은 수많은 가중치를 통해 전체적인 데이터의 패턴을 파악하는 구조이므로, 개별 연산에서 소수점 아래 미세한 오차가 발생하더라도 전체 모델의 성능에는 큰 영향을 미치지 않는다. 따라서 자원을 많이 소모하는 64비트를 고집하지 않고 32비트를 이용한다.

정답지 187호 정답자 : 정답자가 없습니다.

* MARCUS에는 포스텍 수학동아리 MARCUS가 제공하는 수학 문제를 실습니다. 정답과 해설은 다음 호에 나옵니다.

* postech-alimi@postech.ac.kr로 10월 31일까지 풀이와 함께 답안을 보내주세요.

* 정답자가 많은 경우, 간결하고 훌륭한 답안을 보내주신 분들 중 추첨을 통하여 포스텍의 기념품을 보내 드립니다. (학교/학년을 꼭 적어 주세요.)



해설영상 11월 6일 공개

누구의 속도로 달리고 있나요

③ 무은재학부 26학번 32기 אלימי 김예은

안녕하세요, 독자 여러분! 다들 여름방학 동안 어떤 하루를 보내고 있나요? 입시를 앞두고 바쁘게 공부하는 학생들도 많을 것 같은데, 저 또한 작년 이맘때는 입시가 얼마 남지 않았다는 생각에 방학도 잇은 채 하루하루를 보냈던 기억이 납니다. 지금 생각해 보면 그때의 저는 ‘왜 공부하는가?’보다 ‘남들보다 뒤처지지 않아야 한다’라는 마음으로 책상 앞에 앉아 있던 날이 많았던 것 같네요. 고등학생 시절의 저는 공부하는 이유가 대부분 내가 아닌 ‘남’에게 있었습니다. 친구들의 성적표를 보며 자극받았고, 누군가가 문제집을 한 권 더 끝냈다는 이야기를 들으면 괜히 마음이 조급해졌습니다. 내신 등수가 오르면 안도했고, 누군가가 더 높은 점수를 받으면 다시 불안해했습니다. 지금 돌이켜 보면 저는 공부를 하고 있었던 것이 아니라, 남들의 속도를 따라가기 위해 끊임없이 달리고 있었던 것 같습니다. 사실, 비교는 꽤 강력한 동기부여였습니다. 친구가 늦게까지 공부했다는 이야기를 들으면 저도 더 오래 책상 앞에 앉아 있으려 했고, 성적이 잘 나온 친구를 보며 ‘나도 저만큼 해야겠다’라고 다짐하곤 했습니다. 실제로 그런 자극 덕분에 이전보다 더 열심히 공부한 날도 많았습니다. 하지만 비교에서 시작된 동기는 오래가지 못했습니다. 어느 시험에서는 늘 목표로 삼던 친구보다 성적이 더 잘 나온 적이 있었습니다. 그런데 이상하게도 그 이후에는 예전만큼 공부가 손에 잡히지 않았습니다. 따라잡았다는 생각이 드는 순간 더 열심히 해야 할 이유를 찾지 못했던 것이었습니다. 제 목표가 ‘남들만큼 하는 것’에 머물러 있었기에 늘 다른 사람을 기준으로 제 한계를 정하고 있었기 때문이었습니다. 그때 처음 깨달았습니다. 저는 목표를 향해 공부한 것이 아니라, 누군가를 따라잡기 위해 공부하고 있었다는 사실요.

그 일을 계기로 저는 스스로에게 질문을 던졌습니다. ‘나는 왜 공부하고 있을까?’ 그때부터 자신을 남들과 비교하기보다 어제의 저와 비교하려고 노력했습니다. 처음부터 생각이 바뀐 것은 아니었습니다. 여전히 친구들의 성적이 신경 쓰였고, 시험이 끝나면 가장 먼저 등수를 확인하곤 했습니다. 하지만 그럴 때마다 ‘오늘 나는 어제보다 무엇이 나아졌을까?’를 스스로에게 묻는 연습을 했습니다. 한 학기의 목표를 정하고 매일 플래너를 작성하며 어제보다 더 나아진 오늘의 나에게 집중했습니다. 신기하게도 기준을 바꾸면서 공부를 대하는 마음도 달라졌고, 시험이 다른 사람을 이기기 위한 경쟁이 아니라 제 성장을 확인하는 기회처럼 느껴졌습니다. 그러자 결과도 자연스럽게 따라왔습니다. 성적이 이전보다 크게 올랐고, 무엇보다 공부가 더 이상 저를 움아매는 숙제가 아니었습니다. 대학에 와서도 이 생각은 변하지 않았습니다. 같은 학교에 다닌다는 공통점은 있었지만, 각자가 바라보는 목표와 성장하는 방식은 모두 달랐습니다. 어떤 친구는 연구에서 두각을 나타냈고, 어떤 친구는 학창 시절 미처 찾지 못했던 관심 분야를 찾아가고 있었습니다. 중요한 것은 남보다 빠르게 가는 것이 아니라 자신의 속도를 잃지 않고 꾸준히 나아가는 것이었습니다. 혹시 지금 이 글을 읽고 있는 여러분도 주변 사람들의 속도 때문에 조급한 마음이 들지는 않나요? 친구의 성적이나 선배들의 입시 결과를 보며, 자신도 모르게 달리기 재촉하고 있지는 않나요? 물론 비교는 우리를 잠시나마 움직이게 할 수 있습니다. 하지만 우리를 끝까지 앞으로 나아가게 하는 힘은 비교가 아니라 성장입니다. 공부의 본질은 남보다 앞서는 데 있는 것이 아니라, 어제의 나를 넘어 내일의 나를 더 넓은 세상으로 이끌어 주는 데 있습니다. 그러니 가끔은 주변을 바라보는 대신 자신의 발걸음을 바라보았으면 좋겠습니다. 결국 가장 멀리 가는 사람은 가장 빠른 사람이 아니라, 자신의 호흡을 믿고 끝까지 걸어가는 사람입니다. 여러분도 다른 누군가의 속도가 아닌, 여러분 자신의 속도로 힘차게 달려 나가시기를 진심으로 응원하겠습니다. ●

올바르게 방향하는 법

③ 무은재학부 26학번 32기 알리미 백서영

안녕하세요, 포스테키안 독자 여러분! 오늘은 각자의 방식으로 멋진 인생을 만들어 가고 있는 여러분에게 전하고 싶은 이야기를 나눠보려 합니다. 여러분은 지금 방황하고 있나요? ‘방황’이라는 단어를 들으면 흔히 나쁜 길에 빠지거나 시간을 허비하는 모습을 떠올리기 쉽습니다. 우리는 어릴 때부터 꿈을 향해 흔들림 없이 나아가야 한다는 이야기를 많이 듣기 때문에, 방황을 부정적으로 받아들이곤 합니다. 하지만 저는 방황이 길을 잃는 시간이 아니라, 자신에게 맞는 길을 찾아가는 과정이라고 생각합니다. 어떤 방향으로 나아갈지 고민하고, 다양한 경험을 통해 나를 알아 가며, 때로는 실패와 좌절을 겪는 과정 또한 방황의 일부입니다. 그렇다면 이러한 방황을 더 가치 있게 만들어 가는 방법은 무엇일까요? 지금부터 제가 겪은 방황 속에서 얻은 이야기를 들려드리도록 하겠습니다. 저는 어릴 때부터 이공계 분야에 흥미와 재능을 보여 자연스럽게 과학고등학교에 진학했습니다. 하지만 과학고등학교에 진학하면서 저는 처음으로 제 꿈을 두고 방황하기 시작했습니다. 하고 싶은 일은 정말 많았지만, 뚜렷하게 말할 수 있는 꿈은 없었습니다. 그런데 과학고등학교에 진학해 보니 친구들 대부분은 자신의 꿈이 뚜렷했고, 일부는 연구하고 싶은 분야까지 이미 구체적으로 정해두고 있었습니다. 그 모습을 보며 “나는 언제쯤 내가 하고 싶은 일을 찾을 수 있을까?”라는 고민이 점점 커졌습니다. 그렇게 시작된 꿈에 대한 고민은 어느새 제 삶의 방향성에 대한 혼란으로 이어졌습니다.

그래서 저는 답을 기다리기보다 직접 다양한 경험을 해보기로 다짐했습니다. 동아리에서는 다양한 생명과학 실험을 배우며 기초를 쌓았습니다. 이후 팀을 이루어 연구를 진행하는 R&E 활동에서는 세포 배양 연구를 수행하며 연구 역량을 키워나갔습니다. 모든 과정이 낯설었지만 오히려 더 배우고 싶다는 마음으로 스스로 공부하며 부족한 부분을 채워 나갔고, 하나의 주제를 깊이 탐구하며 답을 찾아가는 과정에서 연구의 매력을 느꼈습니다. 그러나 시간이 지나면서 연구 자체는 즐거웠지만 당시 연구하던 주제가 저와 맞지 않는다는 사실을 깨달았습니다. 그 순간 저는 연구가 싫은 것이 아니라 아직 저에게 맞는 연구 분야를 찾지 못했을 뿐이라는 사실을 알게 되었습니다. 그 경험을 통해 좋아하는 일을 찾는 것만큼이나 나와 맞지 않는 것을 알아 가는 것 역시 자신을 이해하는 중요한 과정이라는 것을 깨달았습니다.

대학교에 입학하고 나서도 저의 방황은 계속되고 있습니다. 어릴 때부터 품고 있었던 “세상을 바꾸는 혁신적인 연구를 하고 싶다”라는 꿈을 바탕으로 여러 분야를 탐색하며 현재는 전자전기공학에 관심을 두게 되었습니다. 또한 다양한 선배들과 교수님들을 만나며 사람마다 꿈은 계속 변해 간다는 사실을 알게 되었고, 그 모습을 보며 꿈은 처음부터 정해져 있는 것이 아니라 경험을 통해 조금씩 만들어 가는 것이라는 사실을 깨달았습니다. 이러한 경험은 알리미 활동을 하면서도 이어지고 있습니다. 다양한 사람들을 만나고 그들의 이야기를 들으며 세상을 바라보는 시야를 넓히는 일은 앞으로의 연구자로서, 그리고 한 사람으로서 성장하는 데 꼭 필요한 자산이라고 생각합니다. 방황처럼 느껴지는 지금의 모든 경험은 결국 저 자신을 더 깊이 이해하고, 저만의 길을 만들어 가는 밑거름이 된다고 믿습니다.

저는 인생이 자신을 찾아가는 긴 여정이라고 생각합니다. 지금도 저는 방황하고 있으며, 그 시간이 결국 지금의 저를 만들고 미래의 저를 완성해 나간다고 믿습니다. 그러니 꿈이 아직 명확하지 않다고 조급해하거나 하나의 길에만 얽매일 필요는 없습니다. 작은 도전을 하나씩 이어 가며 자신에게 맞는 길을 찾아가다 보면, 어느 순간 지금의 방황이 가장 값진 시간이었음을 깨닫게 될 것입니다. 결국 하고 싶은 일을 고민하고, 직접 경험하며 배우는 모든 순간이 올바른 방향이라고 생각합니다. 그러니 방황을 두려워하지 말고, 하고 싶은 일이 있다면 자신 있게 도전해 보세요. 여러분이 오늘 내딛는 작은 한 걸음이 언젠가는 여러분만의 길이 되어 있을 것입니다. ●

ZOOM IN ON POSTECH!



포스텍 학생들의 미래 계획과 이를 위해



기계공학과 25학번 3기 אלימי 차운서 저는 해외에서의 연구를 경험해 보고 싶다는 목표가 있습니다! 대학생이 되어 스스로에 대해 알게 된 것이 있는데요. 바로 다양한 사람과 환경을 만나 예상치 못한 창의적 자극을 받는 일을 정말 좋아한다는 사실입니다. 그래서 더 넓은 환경에서의 연구를 경험해 보고자 해외 연구 생활에 관심을 갖게 되었습니다.

이를 위해, 해외에서의 연구가 제게 정말 잘 맞는지 직접 확인해 보고자 노력하고 있습니다. 포스텍에서는 미국에서 열리는 세계 최대 기술 박람회인 CES, 노벨상 시상식과 연계된 NOBEL WEEK 등 다양한 해외 프로그램을 지원해 주기에, 이러한 기회를 적극적으로 활용하러 합니다. 특히 우수 학생에게 최대 2,500만 원의 장학금과 함께 세계 우수 대학으로의 단기유학을 지원해 주는 프리미엄 아웃바운드 프로그램에 선발되고자, 학업에도 최선을 다하고 있습니다. 이러한 경험을 통해 해외에서의 삶과 연구 환경이 제게 적합한지 확인하고, 부족한 부분을 미리 보완하고자 합니다!



고등학교 생활 중, 가장 기억에 남는 프로젝트나 경험이 있나요?



컴퓨터공학과 25학번 3기 אלימי 강창민 저는 분광광도계를 만들었던 프로젝트가 가장 기억에 남아요. 제가 다녔던 고등학교는 과학중점고등학교가 아니었던 만큼, 과학 실험이나 연구를 하기 위해 필요한 여러 공학 기기가 충분히 갖춰져 있지 않은 학교였어요. 그래서 처음에는 하고 싶은 실험이나 연구를 제대로 할 수 있을지 걱정도 많았습니다. 그런데 이공계 학과대탐험에 참여하여 포스텍에 방문했을 때, 주어진 환경에서 최선을 다하는 것이 중요하다는 말을 들었습니다. 이를 계기로 기기가 없다고 연구를 포기하기보다 직접 만들어보자는 생각으로 공학 기기를 만드는 프로젝트를 시작하게 되었어요. 이 과정에서 그저 실험만 했을 때는 겪지 못했던 많은 실패를 겪어보고, 그 원인을 찾고 고쳐가는 과정도 해낼 수 있었습니다. 결국 분광광도계 제작 프로젝트는 제게 주어진 환경에서도 최선을 다하는 태도를 길러 준, 매우 의미 있는 경험이었습니.



무은재학부 26학번 3기 אלימי 한예은 고등학생 때 저는 개념을 단순히 나열하는 데 그치지 않고 그 원리를 완벽히 이해하고자 했습니다. 나아가 이를 실제 문제 해결에 적용하거나 직접 결과를 도출하는 활동을 하고자 했어요. 단순한 개념 조사만으로는 나만의 차별점을 만들기 어렵다고 생각했거든요. 이런 제 생각이 가장 잘 드러나는 활동이 있는데, 지금도 가장 기억에 남습니다. 바로 2학년 동아리 활동 중 시그모이드 활성화 함수의 가중치 갱신 공식 유도 과정이 생략된 것을 발견하고, 외부 자료에 의존하는 대신 직접 도출했던 경험인데요. 기존에 학습한 미분 원리를 바탕으로 6시간의 사투 끝에 공식 유도에 성공했고 스스로 정답을 찾아가는 성취감을 얻었습니다. 이를 계기로 3학년 정보과학 시간에는 기존 활성화 함수의 한계를 분석하고 이를 보완한 새로운 함수를 고안했어요. 특정 단점을 해결하면 또 다른 문제가 발생하는 과정을 거치며 완벽한 함수를 설계하는 것이 얼마나 어려운지 실감했고, 배운 개념을 융합하여 독창적인 결과물을 도출하는 역량을 기를 수 있었습니다.

포스텍과 학생들의 이야기가 궁금하지 않으신가요? 여러분의 궁금증을 해결해 줄 알리미들의 이야기를 준비했습니다!

포스텍에서 어떤 준비를 하고 있는지 궁금합니다.



신소재공학과 25학번 31기 알리미 강동희 저는 대한민국 반도체 산업에 이바지하고 싶다는 큰 꿈이 있습니다! 특히 2차원 물질 기반의 반도체 기술에 관심이 많습니다. 그렇지만, 미래의 제가 학계에 있을지, 산업계에 있을지는 아직 잘 모르겠어요. 어떤 길을 선택할지 모르기에 모든 가능성을 염두에 두고, 넓게 관심을 가지고 알아보고 있습니다.

먼저, 연구를 경험해 보기 위해 '2차원 소재 합성 자동화'를 주제로 연구비 지원을 받아 포스텍의 학부생 연구 프로그램(UGRP)에 참여하고 있어요. 또한, 지도교수님과 주기적으로 미팅과 식사 자리를 가지면서 진로에 대한 상담도 받고 있습니다. 이어서, 산업계에 대해 알아보기 위해 동문 특강과 네트워킹 행사에도 자주 참여하고 있어요. 동문 스타트업 대표님들, 대기업 임원분들이 주로 연사로 강연하시는데, 가까운 자리에서 직접 질문하고 소통하면서 더 많은 통찰력을 얻을 수 있었습니다. 아직 미래에 대한 고민이 많지만, 포스텍이 마련해준 여러 기회를 적극적으로 활용해 진로 탐색을 이어가고 있습니다!

Q

포스텍의 동아리와 자치단체 생활이 궁금해요!



전자전기공학과 25학번 31기 알리미 박지연 포스텍에는 정말 다양한 동아리와 자치단체들이 있는데요. 저는 현재 홍보단체와 생활관 자치회에 속해 있으며, 여러 동아리에서 활동했습니다! 학생홍보봉사단체 알리미와 전자전기공학과 홍보단체 ELITE에서는 포스텍 교수님, 동문 선배님과 인터뷰를 진행하고, 고등학생들에게 포스텍과 전자전기공학과를 홍보하기도 하며 특별한 경험을 쌓고 있습니다. 또한 생활관자치회에서는 학부생들이 생활하면서 느끼는 불편한 점을 해결하고, 최근에는 아기 포닉스 수면안대 공동구매를 진행하기도 했습니다. 이 외에도 포스텍의 야구 동아리인 타키온스에서는 매니저로 활동하기도 했는데요. 선수들의 경기에 동행해 사진도 찍고 경기를 기록하기도 했습니다! 마지막으로 음악감상 & 각테일 동아리인 음이랑에서는 서로 좋아하는 음악을 함께 들으며, 각테일을 직접 만들어 마시기도 했습니다. 이처럼 여러 동아리를 경험하며 스스로 성장하고 다양한 사람들을 만나면서 포스텍에서의 하루하루를 알차고 재미있게 보내고 있습니다!



컴퓨터공학과 25학번 31기 알리미 이현승 포스텍에는 운동, 공연, 학술 등 다채로운 분야의 동아리가 활성화되어 있어요. 저는 그중에서도 보컬 공연 동아리에 속해 있는데, 정기 모임 때 함께 노래를 부르거나 공연을 준비하면서 바쁜 학교생활 속에서도 큰 활력을 얻고 있어요. 처음에는 공부 외 활동을 할 시간이 있을까 걱정했지만, 오히려 동아리를 하면서 사람들과 더 가까워지고 학교생활이 훨씬 풍성해졌다고 느꼈어요. 특히 공연을 준비할 때는 선후배가 함께 곡을 정하고, 파트를 나누고, 무대를 만들어가는 과정이 정말 재미있어요. 꼭 공연 동아리가 아니더라도 힙합, 미술, 댄스, 봉사, 사진 등 선택지가 많아서 자신이 좋아하는 분야를 찾기도 좋습니다. 포스텍이 공부만 잘하는 학교라고 생각할 수 있지만, 실제로는 동아리를 통해 취미도 즐기고 새로운 사람들도 만날 기회가 매우 다양합니다!

포스텍

포스텍이
188호를 만든 알리미를
소개합니다!



31기

신소재공학과 25학번 강동현



31기

산업경영공학과 25학번 백지훈



31기

기계공학과 25학번 차은서



31기

컴퓨터공학과 25학번 강창민



31기

물리학과 25학번 손승현



31기

산업경영공학과 25학번 최재민



31기

전자전기공학과 25학번 박지연



31기

컴퓨터공학과 25학번 이현승



31기

전자전기공학과 25학번 황헌관



32기

무은재학부 26학번 강대연



32기

무은재학부 26학번 박준하



32기

무은재학부 26학번 박시후



32기

무은재학부 26학번 최해지



32기

무은재학부 26학번 김예은



32기

무은재학부 26학번 백서영



32기

무은재학부 26학번 백은규



32기

무은재학부 26학번 한예은



32기

무은재학부 26학번 김현음



32기

무은재학부 26학번 이동희

독자서평

<POSTECHIAN>을 만드는 알리미에게 여러분의 이야기는 큰 힘이 됩니다.
채택된 주인공에게는 특별 제작한 포스텍 굿즈를 기념품으로 보내 드립니다!

거창대성고등학교 3학년 박민준

박종찬 단장님의 인터뷰가 기억에 남았습니다. 단장님의 이야기를 통해 공학 분야에서 성공하기 위해서는 공학적인 역량뿐만 아니라, 더 다양한 능력을 키워야 한다는 것을 깨달았습니다. 실무에 계신 분의 목소리를 들을 수 있었던 이번 인터뷰는 앞으로 산업 분야에서 일하게 될 학생들에게 많은 도움이 될 것입니다.

서강고등학교 1학년 이승관

VLM 기반 로봇 제어, 마르코프 결정 과정 등 최신 과학 기술 트렌드가 담긴 187호 포스테키안의 코너들이 정말 기억에 남습니다! 딱딱할 수 있는 과학 개념을 흥미롭게 풀어내어 몰입해서 읽을 수 있었습니다. 또한 이에 대한 과학 십자말풀이 코너가 정말 신선했고 재밌었습니다.

구독자 참여 이벤트 일정

알리미가 쓴다

2026년 10월 19일까지 구글 폼에 정답을 등록해 주세요.
<https://forms.gle/fAT4oWxBekbaUbq3A>

마르쿠스

2026년 10월 31일까지 정답을 보내주세요.
postech-alimi@postech.ac.kr

고등학생 기자단 포커스

2026년 8월 19일부터 9월 2일까지 아래의 URL를 통해 신청해 주세요.
<https://forms.gle/A95jDGKDv7zEMZFs7>



알리미가 쓴다



고등학생 기자단 포커스 신청

영상 공개 일정

ALIMI ON-AIR: 2026년 9월 4일

알틴샵: 2026년 9월 18일

포스텍 에세이(POPO): 2026년 10월 2일

기획특집: 2026년 10월 16일

마르쿠스: 2026년 11월 6일

포커스: 2026년 11월 13일



포스텍 입학팀 유튜브 채널

전자전기공학과 25학번 31기 알리미 황희권

안녕하세요, 31기 알리미 황희권입니다.
제가 어느덧 2학년이 되어 33대 회장의 이름으로 인사드리게 되었습니다. 이제는 알리미의 중심에서 전체를 바라보고 이끌어 나가야 하는 책임감을 배우고 있습니다. 누군가에게 선배이자 든든한 버팀목이 된다는 것이 처음에는 낯설기도 했지만, 이 과정에서 저 또한 더 주체적으로 성장하고 있음을 느낍니다. 공부와 입시 준비로 지칠 때도 있었지만, 여러분이 마주한 그 치열한 시간은 분명 여러분을 더 멋진 미래로 이끌어 줄 밑거름이 될 것입니다. 당장 성과가 보이지 않더라도, 자신을 믿고 한 발짝만 더 내디뎌 보세요! 저 역시 여러분에게 힘이 되는, 더 깊이 있고 알찬 포스테키안을 만들기 위해 끊임없이 노력하겠습니다. 지면을 통한 만남을 넘어, 머지않은 미래에 캠퍼스에서도 선후배로 마주할 그날을 설레는 마음으로 기다리고 있겠습니다. 여러분의 꿈을 언제나 진심으로 응원합니다!

컴퓨터공학과 25학번 31기 알리미 강창민

포스테키안 구독자 여러분, 안녕하세요!
188호부터 'PROGRESS' 코너를 맡게 된 31기 알리미 강창민입니다. 고등학교 2학년 때 처음 펴낸 포스테키안에는 교과서에서는 다루지 않는, 깊고 흥미로운 이야기가 담겨 있었습니다. 그렇게 독자였던 제가, 이제는 포스테키안을 직접 만드는 편집장이 되었습니다. 제가 맡은 'PROGRESS' 코너는 과학과 공학이 현재 어디까지 나아갔는지, 또 앞으로 어디로 향할지를 다루는 코너입니다. 연구실에서 막 발표된 성과부터 우리 일상을 바꿔 가는 기술까지, 빠르게 변하는 과학의 최전선을 전달하고 있습니다. 지금 이 순간에도 연구실에서 새롭게 쓰이고 있는 발견을, 독자 여러분께 쉽고 생생하게 전해 드리겠습니다. 제가 포스테키안을 읽으며 더 넓은 과학의 세계를 만났듯, 여러분도 같은 즐거움을 느낄 수 있도록 최선을 다하겠습니다.

신소재공학과 25학번 31기 알리미 강동희

포스테키안 구독자 여러분 안녕하세요.
이번 188호부터 'PEOPLE' 코너를 맡게 된 강동희입니다. 고등학생 시절, 진로와 학업 사이에서 스스로가 흔들린다고 느낄 때마다 포스테키안을 펼쳤습니다. 맑은 눈빛으로 자신의 길을 걸어가는 포스텍 사람들의 이야기는, 막연하던 미래에 조금씩 윤곽을 만들어 주었습니다. 그런 이야기들을 들으며, 그 지면 한편에 제 이름이 실릴 날을 조용히 상상하곤 했습니다. 그 상상이, 이제는 편집장으로 이어졌습니다. 포스테키안을 즐겨 읽던 독자였던 제가, 이렇게 편집장으로 인사드리게 되어 뿌듯함과 설렘, 그리고 책임감이 한꺼번에 밀려옵니다. 앞으로도, 포스텍 에세이, POPO, 알리미가 만난 사람, 알토티, 포커스 코너를 통해 포스텍 사람들만의 진솔하고 특별한 이야기를 전해드리겠습니다. 한때 포스테키안이 저에게 그랬던 것처럼, 여러분 각자가 써 내려갈 이야기에 포스테키안이 조금이나마 힘이 될 수 있기를 바랍니다. 앞으로도 많은 관심과 응원 부탁드립니다. 감사합니다.

기계공학과 25학번 31기 알리미 차운서

포스테키안 독자 여러분 안녕하세요!
이번 188호부터 'PASSION & POINT' 코너를 담당하게 된 31기 알리미 차운서입니다. 185호부터 포스테키안을 만들어 나가는 과정에 함께하며, 어느덧 제작 과정에 참여한 네 번째 포스테키안을 맞이했네요. 돌아보면, 한 호 한 호를 지날 때마다, 점점 더 애정이 커지고 그만큼 더 많은 정성을 쏟았습니다. 이제는 포스테키안 집필이 제게 너무나도 큰 의미이자, 알리미 생활을 하며 가장 자부심을 느끼는 일 중 하나가 되었네요. 이렇게 진심을 담아 조금이라도 더 나은 포스테키안을 만들고자 고민하는 제가, 앞선 세 호와는 다르게 지금부터의 세 호는 편집장으로서 참여할 수 있다는 것도 엄청난 행운이라고 생각합니다. 그만큼 앞으로도 제게 주어진 기회를 감사하고 소중히 여기겠습니다. 또한, 독자 여러분께 때로는 흥미롭고, 때로는 울림을 주는 이야기를 전하기 위해 노력하겠습니다. 앞으로도 포스테키안에 많은 관심과 사랑 부탁드립니다! :)



포스텍이 궁금해? 링크 모음

POSTECHIAN IS PUBLISHED BY POSTECH

POSTECHIAN은 포스텍 학생홍보봉사단체 <알리미>가 직접 기획, 제작하는 과학 잡지입니다. 이공계 분야 진로를 꿈꾸는 고교생들에게 최신 과학 동향과 연구 관련 정보를 제공하고 있으며 188호에 달하는 전통을 자랑하고 있습니다. 과학에 관심있는 분이라면 누구라도 POSTECHIAN의 독자가 될 수 있습니다. 구독을 원하시면 포스텍 입학팀 카카오톡채널에서 신청해 주세요.