

# 2024년 한국전자파학회 하계종합학술대회

## Workshop #4 전자파 해석 및 시뮬레이션

일자 2024년 8월 21일(수)

장소 알펜시아리조트, 컨벤션센터 평창홀 (1층)

Organizer : 오정석 교수 (서울대학교) 좌장 : 양성준 교수 (서울과학기술대학교)

시간	발표제목	발표자
14:20~15:00	전자장 수치해석의 수학적 구조	조용희 교수 (목원대학교)
15:00~15:40	기초 수치해석 및 유한요소법	고일석 교수 (인하대학교)
16:00~16:40	포물형 방정식 기법을 활용한 장거리 전자파 전파 분석 방법	허 준 박사 (포항공과대학교)
16:40~17:20	인공지능을 이용한 안테나 임피던스 예측 및 레이더 이미지 식별	김영욱 교수 (서강대학교)
17:20~18:00	능동학습-양자어닐링 기반 광학 구조 디자인 설계	이응규 교수 (경희대학교)



### 전자장 수치해석의 수학적 구조

조용희 교수 (목원대학교)

전자장 수치해석에 적용되는 수학적 구조를 미분과 적분 방정식의 해법 관점에서 쉬운 언어로 폭넓게 설명한다. 편미분 방정식인 맥스웰 방정식은 경계 조건이 고정되면 항상 유일해를 가진다. 하지만 매질의 손실 유무에 따라 유일해를 만드는 조건은 전자장의 접선 성분 뿐만 아니라 전자장의 분산 관계(dispersion relation)까지 포함될 수 있다. 맥스웰 방정식을 미분 방정식으로 풀 때는 전자장의 이산해와 연속해를 전자파 모드로 가정하는 모드 정합법(mode-matching technique)이 주로 쓰인다. 푸리에 급수나 변환에 해당하는 모드 정합법의 수학적 구조는 스투름-리우빌 이론(Sturm-Liouville theory)이다. 기저 함수의 직교성과 완비성에 따라 직교 좌표계에 대한 모드 정합법은 항상 정확한 해를 도출한다. 하지만 무한 급수해의 특성으로 인해 상대 수렴(relative convergence)과 모서리 조건(edge condition)에 주의를 기울여야 한다. 또한 맥스웰 방정식에 경계 조건을 적용해서 다양한 적분 방정식을 만들 수 있다. 적분 방정식의 수학적 구조는 프레드홀름 적분 방정식(Fredholm integral equation)과 힐베르트 공간(Hilbert space)이다. 예를 들어, 적분 방정식에 바탕을 둔 모멘트법(method of moments, MoM)은 프레드홀름의 해법을 따르는 갈레르킨 방법(Galerkin method)을 주로 사용한다. 대형 구조물 해석에 적용한 모드 정합법이나 모멘트법은 대형 행렬을 생성하므로, 반복법과 병렬 처리를 도입해 타당한 계산 시간 안에서 행렬해를 획득한다.

- 2003 ~ 현재 : 목원대학교 정보통신공학과 교수
- 2002 ~ 2003 : ETRI 선임연구원
- 2002 : KAIST 전자전산학과 공학박사



### 기초 수치해석 및 유한요소법

고일석 교수 (인하대학교)

전자파 수치해석의 주요 알고리즘인 적분방정식 기반 MoM(Method of Moments)과 편미분 방정식 기반 FEM(Finite Element Method)의 기본 이론 체계인 유한요소법의 아이디어를 직관적으로 유도한다. 먼저, 미분 및 적분과 같은 필수 수학적 기법을 컴퓨터를 사용하여 계산하기 위해, 이산화된 수치정보에서 함수를 복원하는데 사용하는 여러 보간법(interpolation)을 논하고, 이의 특성들을 비교한다. 이를 바탕으로 수치적분의 두 방법 즉 Newton-Cote와 Gauss 방법을 도출한다. 전자장 해석에 필요한 임의의 표면위를 적분하는데 효율적인 적분 기법을 논하고, 이때 사용되는 아이디어를 적분, 편미분 방정식 풀이에 적용하여, 유한요소법의 기초 프로시저를 도출한다. 전자기학의 특수성에 의해 선택의 제약을 받는 베이스스 함수의 특성과 이를 극복하는 방법을 고찰하고, 이의 장, 단점을 논한다.

- 2004 ~ : 인하대학교
- 2002.08 : The University of Michigan at Ann Arbor/EECS 박사
- 1994.02 : 연세 대학교/전자공학 석사
- 1992.02 : 연세 대학교/전자공학 학사



### 포물형 방정식 기법을 활용한 장거리 전자파 전파 분석 방법

허 준 박사 (포항공과대학교)

전자/통신 기술 발전과 더불어 전자파의 전파 환경이 수 십 ~ 수 백 킬로미터에 이르는 장거리 환경으로 확장되고 있다. 장거리 환경에서 전자파는 대기과 지형 조건에 의한 영향을 받게 된다. 먼저, 대기의 비균질함에 의해 점진적으로 굴절되며 그 결과 때문에 전파 경로가 예상과 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우 전자파가 심하게 굴절되어 지표면에 튕기면서 전파하는 비 이상전파가 발생하기도 한다. 지형 조건에 의한 영향으로는 육지 또는 해양에 의한 반사, 차폐 등을 고려해야 한다. 장거리 환경에서는 이러한 환경적인 요소에 의해서 전자파의 전파 경향이 변화하기 때문에 전자파를 활용하는 분야에서는 사전에 전자파 전파 분석을 수행하는 것이 필수적이다.

본 발표에서는 비균질한 대기과 지형 환경을 고려한 장거리 전자파 전파 분석을 위한 포물형 방정식 기법의 개념을 소개한다. 먼저, 대기과 지형 환경을 모델링 하기 위하여 기상정보나 지표면의 높이 정보를 수집할 방법을 공유한다. 그리고, 안테나 소스 모델링 방법으로 가장 흔하게 사용되는 가우시안 안테나 모델을 사용하는 방법을 소개하고, 이를 응용하여 실제 안테나의 방사 패턴을 입력하는 방법에 대해서 제안한다. 마지막으로, 이러한 조건들을 고려한 다양한 분석 예시와 응용 방법에 대하여 소개하고자 한다.

- 2024.03 ~ 현재 : 포항공과대학교 전자전기공학과 박사후 연구원
- 2024.02 : 아주대학교 AI융합네트워크학과 전자공학전공 졸업(박사)
- 2018.02 : 아주대학교 전자공학과 졸업 (학사)



### 인공지능을 이용한 안테나 임피던스 예측 및 레이더 이미지 식별

김영욱 교수 (서강대학교)

본 발표에서는 인공지능을 이용한 안테나 설계와 레이더 신호 처리의 응용에 대해 논의한다. 첫번째로, 안테나 설계 시 임피던스 매칭을 위해 안테나의 파라미터를 최적화해야 하는데, 인공지능경망을 이용해 안테나 임피던스를 예측함으로써 최적화 속도를 높이는 접근법을 소개한다. 두번째로, 레이더 신호를 처리하기 위한 딥러닝 알고리즘을 제안하여 인간을 감지하고 그들의 활동을 분석하는 활용법을 설명한다. 특히, 레이더 이미지 합성을 위해 생성적 적대 신경망(GAN)의 적용 가능성에 대해 논의한다. 세 번째로, 인공지능을 사용한 인지 레이더의 개념을 소개한다. 인지 레이더는 사전 지식을 기반으로 환경에 따라 레이더의 운용 파라미터를 변경하는 지능형 시스템으로, 사람 행동 분류의 성능을 향상시킬 수 있다. 최적의 레이더 운용 파라미터를 결정하여 분류 정확도를 극대화하는 인지 레이더를 실현하기 위해 강화 학습을 도입한다. 강화 학습의 개념을 소개하고, 강화 학습의 한 방법인 Q-learning을 이용해 micro-Doppler 분류 성능을 향상시키는 방법을 논의한다.

- 2023 : 전자파학회 상임이사
- 2022 : 서강대 전자공학과 교수
- 2015 : Univ. of California 겸임교수
- 2008 : California State Univ. 교수
- 2008 : UT Austin 전기컴퓨터공학 박사
- 2003 : 서울대학교 전기공학 학사



### 능동학습-양자어닐링 기반 광학 구조 디자인 설계

이응규 교수 (경희대학교)

양자 어닐링(QA) 하드웨어는 조합 최적화 문제를 신속하게 해결하기 위해 고안된 양자컴퓨터의 한 종류이다. QA의 문제해결 시간은 조합 문제의 차원에 의존하지 않으며, 이에 시간 효율적인 메타 휴리스틱 최적화 도구로 각광 받고 있다. 특히 일반적인 최적화 문제는 초고차원의 조합문제로 매핑될 가능성이 있기에 더욱 중요하다. 본 발표에는 우선 QA 벤치마킹 연구를 간략하게 소개한다. 벤치마킹 연구에서는 QA(예: D-Wave Advantage)와 고전컴퓨팅(예: simulated annealing)의 성능을 정확도와 시간효율성 측면에서 비교한다. 다음으로 광학 구조 디자인을 위해 QA를 적용한 대표 사례를 제시한다(예: 주파수 선택 표면, 투명 복사생각 필름, 초박막 광다이오드). 예를 들어, 광학 구조를 이진법 벡터로 인코딩하고, 이진법 벡터에 대해 성능지표를 정의한다. 이후 이진법 벡터와 성능지표로 구성된 훈련 데이터를 능동학습을 통해 학습시키고, QA에 적합한 QUBO 매트릭스로 변환한다. QUBO 매트릭스는 QA에서 평가되고, 이를 통해 최적의 광학 구조 디자인을 발굴한다. 결론에서는, QA를 이용한 광학 구조 설계에서 극복해야 할 문제점에 대해 논의한다.

- 2023 ~ 현재 : 한국연구재단 양자이득도전연구 수행중
- 2021 ~ 현재 : 경희대학교 전자공학과 조교수
- 2020 ~ 2021 : 국립금오공과대학교 기계시스템공학과 조교수
- 2015 ~ 2020 : 미국노터데임대학교 기계항공공학과 박사후 연구원, 연구교수
- 2015 : 서울대학교 나노융합학과 공학박사
- 2009 : 경희대학교 물리학과 이학박사