

인하대학교 배승환 교수 학술 및 연구 역량 분석 보고서

문서번호 CRSM-AI-2026-AUTO

작성일 2026-06-05

작성 Cressem AI 시스템 (자동 생성)

보안등급 사내 비밀 (Confidential)

버전 v1.0

목 차

인하대학교 배승환 교수 학술 및 연구 역량 분석 보고서	3
개요/배경	3
학력 및 주요 경력 사항	3
핵심 연구 분야 및 기술적 전문성	4
주요 학술 성과 및 논문 분석	6
수상 경력 및 대외적 평가	8
크레셈(CRESSEM) 산학협력 현황 및 기대 효과	9
결론 및 시사점	11

인하대학교 배승환 교수 학술 및 연구 역량 분석 보고서

인하대학교 컴퓨터공학과 배승환 교수의 학력, 경력, 주요 연구 분야 및 학술적 성과를 심층 분석합니다. 특히 머신비전 및 딥러닝 기반 결함 검출 분야의 전문성을 중심으로 크레셈(CRESSEM)과의 산학협력 가치를 평가합니다.

개요/배경

본 보고서는 인하대학교 컴퓨터공학과에 재직 중인 배승환(Seung-Hwan Bae) 교수의 학술적 역량과 연구 성과를 심층적으로 분석하여, 그가 보유한 기술적 전문성이 반도체 검사 산업 및 당사의 기술 고도화에 미치는 영향력을 파악하는 데 목적이 있습니다 [1, 2, 3].

배승환 교수는 컴퓨터 비전(Computer Vision) 및 머신러닝(Machine Learning) 분야에서 세계적인 수준의 연구 역량을 보유한 학자로, 현재 인하대학교에서 Vision & Learning Laboratory (VL Lab)를 운영하며 객체 인식(Object Recognition), 시각적 이해(Visual Understanding), 그리고 장면 분석(Scene Analysis)을 위한 최첨단 알고리즘 연구를 주도하고 있습니다 [1, 3, 5]. 특히 그의 연구는 단순한 이론적 탐구를 넘어, 실시간 다중 객체 추적(Multi-Object Tracking, MOT) 및 효율적인 비전 학습(Efficient Vision Learning)과 같이 실제 산업 현장에 적용 가능한 고성능·저비용 모델링 기술에 집중되어 있다는 점에서 높은 학술적·실무적 가치를 지닙니다 [3, 4].

최근 반도체 패키징 공정이 HBM(High Bandwidth Memory) 및 2.5D/3D 적층 구조와 같은 고난도 기술로 진화함에 따라, 미세 결함(Defect)을 정밀하게 판별하고 과검(Over-kill)을 최소화할 수 있는 AI 기반 비전 검사 솔루션의 중요성이 급증하고 있습니다 [10, 11]. 이러한 산업적 흐름 속에서, 세계 상위 2% 연구자로 선정될 만큼 검증된 배승환 교수의 딥러닝 기반 결함 검출(Deep Learning-based Defect Detection) 및 알고리즘 최적화 기술은 당사의 차세대 검사 장비 경쟁력을 결정짓는 핵심적인 기술 자산이 될 것입니다 [2, 3].

따라서 본 보고서는 배 교수의 학력, 경력, 주요 논문 및 수상 실적을 체계적으로 정리하고, 현재 진행 중인 크레셈(CRESSEM)과의 산학협력 성과를 바탕으로 향후 반도체 비전 검사 시장에서의 기술적 우위 확보를 위한 전략적 파트너십의 방향성을 제시하고자 합니다 [2].

학력 및 주요 경력 사항

배승환 교수는 컴퓨터 비전(Computer Vision) 및 머신러닝(Machine Learning) 분야에서 탄탄한 학문적 기초를 다져온 전문가로, 학사 과정부터 박사 학위 취득에 이르기까지 정보통신 및 시각 지능 연구에 매진해 왔습니다 [2]. 그의 학문적 궤적은 기초 공학에서 시작하여 심화된 인공지능 연구로 이어지는 체계적인 성장 과정을 보여줍니다.

1. 학력 사항 (Academic Background)

배승환 교수의 학문적 뿌리는 정보통신공학에 두고 있습니다. 2009년 충북대학교에서 정보통신공학 학사 학위를 취득하며 통신 및 신호 처리의 기초를 닦았습니다 [2]. 이후 시각 지능의 핵심인 컴퓨터 비전(Computer Vision) 분야로 연구 영역을 확장하기 위해 광주과학기술원(GIST)에 진학하였습니다. GIST에서는 정보통신학을 전공하며 2010년 석사 학위를, 2015년 박사 학위를 차례로 취득하였습니다 [2]. 특히 박사 과정 동안 수행한 컴퓨터 비전 중심의 연구는 현재 그가 보유한 딥러닝 기반 결함 검출 및 객체 인식 기술의 근간이 되었습니다 [2].

2. 주요 경력 사항 (Professional Experience)

배승환 교수의 경력은 학계와 국가 연구 기관을 아우르며 실무적 전문성과 이론적 깊이를 동시에 확보해 왔습니다.

- **국가 연구 기관 경력 (ETRI):** 박사 학위 취득 후, 2015년부터 2017년까지 한국전자통신연구원(ETRI)에서 선임연구원(Senior Researcher)으로 재직하였습니다 [2]. 이 시기 국가 차원의 핵심 ICT 기술 연구에 참여하며,

이론적 모델을 실제 시스템에 적용하는 연구 역량을 축적하였습니다.

- **학계 경력 (인천대학교 및 인하대학교):** 연구 역량을 바탕으로 학계에 진출하여 2017년부터 2020년까지 인천대학교 컴퓨터공학과 조교수로 재직하며 후학 양성과 연구를 병행하였습니다 [2]. 이후 2020년 인하대학교 컴퓨터공학과에 합류하여 조교수로 임용되었으며, 현재는 부교수(Associate Professor)로서 연구실을 이끌고 있습니다 [2, 3].

3. 학문적 성장 및 전문성 요약

배승환 교수의 경력 경로를 분석하면, 학부에서의 통신 기초, 대학원에서의 비전 전문성 확보, 연구소에서의 실무 연구, 그리고 대학에서의 심화 연구 및 교육으로 이어지는 전형적인 '연구형 교수'의 모델을 보여줍니다. 특히 ETRI에서의 선임연구원 경험은 그의 연구가 단순한 이론에 그치지 않고, 실제 산업 현장에 적용 가능한 수준의 알고리즘을 개발하는 데 큰 밑거름이 되었음을 시사합니다 [2].

구분	기관/학교	기간	직위/학위	전공/분야
학력	충북대학교	~ 2009	학사	정보통신공학
학력	광주과학기술원(GIST)	2010 ~ 2015	석사/박사	정보통신학 (Computer Vision)
경력	한국전자통신연구원(ETRI)	2015 ~ 2017	선임연구원	ICT 연구
경력	인천대학교	2017 ~ 2020	조교수	컴퓨터공학
경력	인하대학교	2020 ~ 현재	부교수	컴퓨터공학 (Vision & Learning Lab 운영)

[출처: pdf_인하대학교컴퓨터공학과배승환_20260509_001.pdf, test_prof_baeseunghwan.txt]

핵심 연구 분야 및 기술적 전문성

배승환 교수가 운영 중인 Vision & Learning Laboratory (VL Lab)는 객체 인식(Object Recognition), 시각적 이해(Visual Understanding), 그리고 장면 분석(Scene Analysis)을 위한 최첨단 컴퓨터 비전(Computer Vision) 및 머신러닝(Machine Learning) 기술 연구에 집중하고 있습니다 [1, 3]. 배 교수의 연구 역량은 단순한 알고리즘 개발을 넘어, 실제 산업 현장, 특히 반도체 검사 공정에서 요구되는 고속·고정밀·경량화된 비전 솔루션을 구현할 수 있는 이론적·실무적 토대를 모두 갖추고 있다는 점에서 차별성을 가집니다 [2].

배 교수의 핵심 연구 영역은 크게 **객체 검출 및 추적(Object Detection & Multi-Object Tracking)**, **효율적인 비전 학습(Efficient Vision Learning)**, 그리고 **생성적 모델 및 기타 응용 분야**로 구분할 수 있습니다.

1. 객체 검출 및 추적 (Object Detection & Multi-Object Tracking)

이 분야는 컴퓨터 비전의 가장 근간이 되는 연구로, 이미지나 영상 내에서 특정 객체의 위치를 파악하고 그 정체(Identity)를 식별하는 기술입니다. 배 교수는 단순한 검출을 넘어 동적인 환경에서의 연속성을 확보하는 연구에 강점을 보입니다.

- **실시간 다중 객체 추적(Multi-Object Tracking, MOT) 효율화:** 장면의 맥락(Context)과 추적 경로를 기반으로 하여, 여러 객체가 동시에 움직이는 복잡한 환경에서도 실시간으로 각 객체를 놓치지 않고 추적할 수 있는 효율적인 기법을 연구합니다 [4]. 이는 생산 라인에서 이동하는 반도체 웨이퍼나 부품을 실시간으로 모니터링해야 하는 검사 장비의 핵심 기술로 전용될 수 있습니다.

- **변형 가능한 부품 기반 검출(Deformable Part-based Detection):** 객체의 형태가 고정되지 않고 변형될 수 있는 상황을 가정하여, 적대적 다중스케일 피쳐 보간(Adversarial Multi-scale Feature Interpolation) 기술을 통해 다양한 크기와 각도에서도 정밀한 검출이 가능하도록 연구를 수행합니다 [4]. 이는 패키징 공정 중 발생하는 Warpage(휨) 현상이나 부품의 미세한 위치 오차(Misalignment)를 검출할 때 매우 유효한 기술적 접근입니다.

2. 효율적인 비전 학습 (Efficient Vision Learning)

최근 AI 반도체 및 임베디드 시스템의 발전과 함께, 모델의 크기는 줄이면서도 성능은 유지하는 '경량화'와 '효율성'이 핵심 화두가 되었습니다. 배 교수는 모델의 연산 효율성을 극대화하는 연구에 독보적인 전문성을 보유하고 있습니다.

- **지식 증류(Knowledge Distillation):** 거대하고 복잡한 성능을 가진 Teacher 모델의 지식을 작고 효율적인 Student 모델로 전이시키는 기술을 통해, 고성능 AI 모델을 검사 장비 내의 Edge 디바이스에서도 구동 가능하도록 만드는 연구를 수행합니다 [4].
- **데이터 프리 양자화(Data-free Quantization):** 학습 데이터가 없는 상태에서도 모델의 가중치를 최적화하여 양자화(Quantization)함으로써, 모델의 정밀도를 유지하면서도 메모리 점유율과 연산량을 획기적으로 줄이는 기술을 연구합니다 [4]. 이는 보안이 중요한 반도체 제조 현장에서 외부 데이터 반출 없이도 모델을 최적화할 수 있는 전략적 가치를 지닙니다.
- **지속 학습(Continual Learning):** 새로운 데이터가 유입될 때 기존에 학습했던 지식을 망각하지 않고(Catastrophic Forgetting 방지) 지속적으로 모델을 업데이트하는 기술입니다 [4]. 반도체 공정이 미세화되거나 새로운 패키징 방식(예: Hybrid Bonding)이 도입될 때, 기존 모델을 폐기하지 않고 신규 공정의 결함 패턴을 빠르게 학습시켜 대응할 수 있게 합니다.

3. 기타 전문 분야 및 응용 기술

배 교수의 연구 스펙트럼은 딥러닝(Deep Learning)의 근본적인 원리부터 의료 영상 분석까지 폭넓게 확장되어 있습니다.

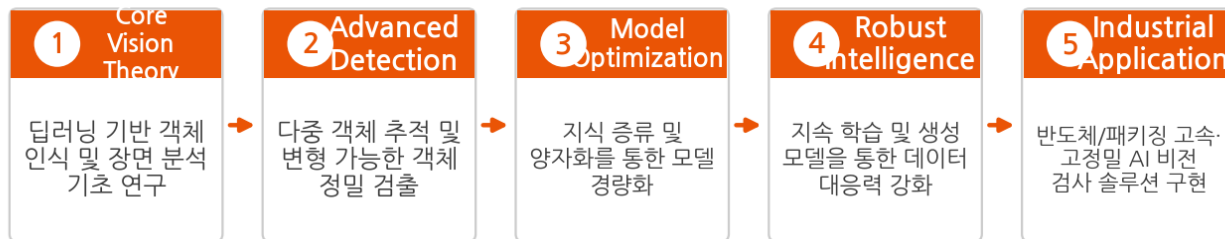
- **차원 축소(Dimensionality Reduction) 및 생성 모델(GANs):** 고차원의 복잡한 비전 데이터를 핵심 특징 위주로 압축하거나, 생성적 적대 신경망(Generative Adversarial Networks)을 활용하여 결함 데이터를 합성함으로써 학습 데이터 부족 문제를 해결하는 연구를 수행합니다 [2].
- **반도체 비전 검사 특화 연구:** 특히 2023년 발표된 "Deep Learning-based Wafer Defect Classification" 논문에서 보여주듯, 웨이퍼 상의 미세 결함을 딥러닝으로 분류하는 연구는 크레셈(CRESSEM)의 주력 분야인 HBM 및 FC-BGA 검사 알고리즘 고도화와 직접적으로 맞닿아 있습니다 [2].

[기술 전문성 요약 비교]

연구 영역	주요 기술 키워드	반도체 검사 적용 시 기대 효과
Object Detection	Multi-Object Tracking, Feature Interpolation	실시간 부품 이동 모니터링 및 미세 위치 오차(Misalignment) 검출
Efficient Learning	Knowledge Distillation, Quantization	검사 장비 내 Edge AI 구현을 통한 검사 속도(UPH) 극대화
Robust Learning	Continual Learning, Data-free Quantization	신규 공정(HBM4 등) 도입 시 신속한 알고리즘 업데이트 및 데이터 보안 확보

Generative AI	GANs, Dimensionality Reduction	희귀 결함(Rare Defect) 데이터 생성 및 검사 데이터 분석 최적화
---------------	--------------------------------	--

배승환 교수 핵심 연구 아키텍처 및 기술 흐름



주요 학술 성과 및 논문 분석

배승환 교수의 학술적 역량은 인공지능(AI) 및 컴퓨터 비전(Computer Vision) 분야에서 세계적인 수준의 저널과 컨퍼런스에 연구 성과를 발표함으로써 입증되었습니다. 단순히 논문의 수를 늘리는 것에 그치지 않고, 해당 분야에서 학술적 영향력(Impact Factor)이 매우 높은 최상위(Top-tier) 매체에 주저자 및 단독 저자로 논문을 게재하며 연구의 질적 우수성을 증명하고 있습니다 [3, 4].

1. 최상위 저널 및 컨퍼런스 게재 실적 분석

배승환 교수의 연구 성과는 컴퓨터 비전 및 인공지능 분야의 '3대 핵심 축'이라 할 수 있는 최고 권위의 저널과 컨퍼런스에 집중되어 있습니다. 이는 그의 연구가 학계의 최신 트렌드를 선도하고 있으며, 동료 연구자들로부터 높은 신뢰를 받고 있음을 의미합니다.

구분	매체명 (Full Name)	학술적 위상 및 특징	주요 성과 내용
Top Journal	IEEE TPAMI (Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence)	패턴 분석 및 머신러닝 분야 세계 최고의 저널 (IF: 24.314) [3]	주저자로서 고난도 비전 알고리즘 연구 게재 [3]
Top Conference	NeurIPS (Neural Information Processing Systems)	신경정보처리시스템학회, AI 분야 세계 최대 규모의 최상위 컨퍼런스 [3]	2024년 논문 채택 실적 보유 [3]
Top Conference	AAAI (Association for the Advancement of Artificial Intelligence)	인공지능 종합 분야의 세계적 권위를 가진 Top-tier 컨퍼런스 [1]	단독 저자(Single Author)로서 논문 게재 [1]
Major Journal	IEEE Access, ICT Express, Pattern Recognition 등	SCIE 급의 영향력 있는 국제 학술지 [1, 3]	다수의 연구 논문 발표를 통한 연구 스펙트럼 확장 [1, 3]

[상세 분석]

- **TPAMI (IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence):** 배 교수가 주저자로 참여한 TPAMI 게재는 그의 연구가 이론적 깊이와 실험적 검증 모두에서 세계적 수준임을 시사합니다. 특히 Impact

Factor 24.314를 기록하는 이 저널은 단순한 알고리즘 제안을 넘어, 수학적 증명과 방대한 데이터셋을 통한 일반화 성능 입증에 필수적이기에 학술적 진입장벽이 매우 높습니다 [3].

- **NeurIPS 및 AAAI:** AI 연구의 최전선인 컨퍼런스에서의 성과는 배 교수의 연구가 실시간으로 변화하는 딥러닝 패러다임에 매우 민감하게 반응하고 있음을 보여줍니다. 특히 AAAI에 '단독 저자'로 논문을 게재한 사례는 연구자 개인의 독창적인 아이디어와 이를 구현해내는 독립적인 연구 수행 능력이 극치에 달했음을 보여주는 지표입니다 [1].

2. 주요 연구 주제 및 논문 핵심 내용

배승환 교수의 연구는 이론적 모델링에 머물지 않고, 실제 산업 현장에서 직면하는 난제를 해결할 수 있는 응용 중심의 연구를 병행하고 있습니다. 특히 반도체 제조 공정의 수율(Yield) 향상과 직결되는 비전 검사 기술에 대한 심도 있는 연구가 두드러집니다.

2.1. 딥러닝 기반 웨이퍼 결함 분류 (Deep Learning-based Wafer Defect Classification)

배 교수의 대표적인 응용 연구 중 하나인 **"Deep Learning-based Wafer Defect Classification" (2023)**은 반도체 제조 공정의 핵심인 웨이퍼 검사 단계에서 발생하는 결함을 지능적으로 분류하는 기술을 다룹니다 [2].

- **연구 배경:** 기존의 Rule-based(규칙 기반) 검사 방식은 미세화되는 공정에서 발생하는 복잡한 패턴의 결함을 구분하는 데 한계가 있으며, 정상적인 노이즈를 결함으로 오인하는 과검(Over-kill) 문제가 빈번하게 발생합니다 [10].

- **핵심 기술:** 딥러닝 알고리즘을 활용하여 웨이퍼 표면의 미세한 결함(Defect)과 정상적인 패턴 노이즈를 고도로 정밀하게 구분합니다. 이는 단순한 이진 분류(Binary Classification)를 넘어, 결함의 종류와 특성을 정밀하게 카테고리화하는 기술을 포함합니다.

- **산업적 가치:** 이 연구는 검사 장비의 정확도를 높여 과검률을 획기적으로 낮춤으로써, 반도체 제조사의 수율 최적화 및 생산 비용 절감에 직접적인 기여를 할 수 있는 기술적 토대를 제공합니다 [10].

2.2. 효율적인 비전 학습 및 모델 경량화 (Efficient Vision Learning)

반도체 검사 장비는 고속 생산 라인(Tact Time) 내에서 실시간으로 대량의 이미지를 처리해야 하므로, 연산 효율성이 매우 중요합니다. 배 교수는 이를 위해 다음과 같은 연구를 수행하고 있습니다 [4].

- **지식 증류 (Knowledge Distillation):** 거대한 고성능 모델(Teacher Model)의 지식을 작은 모델(Student Model)로 전이하여, 성능 저하를 최소화하면서도 연산량을 줄이는 기술입니다.

- **데이터 프리 양자화 (Data-free Quantization):** 실제 학습 데이터 없이도 모델의 가중치를 최적화하여 하드웨어 적용성을 높이는 연구입니다.

- **지속 학습 (Continual Learning):** 새로운 결함 패턴이 등장하더라도 기존에 학습한 정보를 망각하지 않고 지속적으로 업데이트할 수 있는 모델 학습 기법을 연구합니다 [4].

3. 학술적 성과가 산업계(크레셈)에 미치는 영향

배승환 교수의 이러한 학술적 성과는 크레셈(CRESSEM)의 기술적 경쟁력과 직결됩니다. 2024년부터 진행 중인 산학협력을 통해 그의 연구 성과가 실제 검사 장비의 알고리즘으로 이식되고 있습니다 [2].

1. **검사 정확도 및 신뢰성 확보:** TPAMI 등에서 검증된 고도의 알고리즘을 적용함으로써, HBM 및 FC-BGA 검사 시 발생하는 미세 결함 검출 성능을 극대화할 수 있습니다.

2. **검사 속도(Throughput) 최적화:** 효율적 비전 학습(Efficient Vision Learning) 기술을 통해 고해상도 이미지를 실시간으로 처리할 수 있는 경량화된 AI 엔진 개발이 가능해집니다.

3. **데이터 기반 수율 분석:** 단순 검사를 넘어, 축적된 결함 데이터를 분석하여 공정상의 불량 원인을 역추적(Root Cause Analysis)할 수 있는 스마트 팩토리 솔루션의 핵심 엔진 역할을 수행합니다 [10].

수상 경력 및 대외적 평가

배승환 교수는 컴퓨터 비전(Computer Vision) 및 머신러닝(Machine Learning) 분야에서 세계적인 수준의 연구 역량을 입증하였으며, 학술적 성취를 뒷받침하는 객관적인 수상 경력과 대외적 평가 지표를 다수 보유하고 있습니다. 그의 연구 성과는 단순히 학술지에 머무르는 것이 아니라, 글로벌 기술 경진대회와 권위 있는 연구자 선정 지표를 통해 그 실효성과 혁신성을 인정받고 있습니다.

1. 글로벌 기술 경진대회 수상 실적

배승환 교수의 기술적 실무 역량을 가장 극명하게 보여주는 지표 중 하나는 세계 최고 권위의 이미지 인식 경진대회인 ILSVRC(ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge)에서의 성과입니다.

- **ILSVRC 2017 Object Detection 부문 2위 수상:** 배승환 교수는 'DeepView' 팀의 일원으로서, 이미지 내 객체를 정밀하게 탐지하는 Object Detection(객체 검출) 과제에서 세계 2위를 기록하였습니다 [1, 5]. ILSVRC는 전 세계 인공지능 연구자들이 참여하는 가장 치열한 경쟁의 장으로, 여기서 거둔 상위권 성적은 배승환 교수가 제안하는 알고리즘이 실제 복잡한 시각 데이터 환경에서 매우 높은 정확도와 강건성(Robustness)을 갖추고 있음을 증명합니다 [1].

2. 세계적 수준의 연구자 인증 및 학술적 위상

학술적 영향력(Academic Impact) 측면에서 배승환 교수는 전 세계 연구자 중 최상위권에 속하는 인물로 평가받고 있습니다.

- **Elsevier 및 Stanford University 선정 '세계 상위 2% 연구자':** 2022년, 엘스비어(Elsevier)와 스탠퍼드 대학교(Stanford University)가 공동으로 발표한 연구 영향력 지표에서 '세계 상위 2% 연구자(World's Top 2% Scientists)' 리스트에 이름을 올렸습니다 [3, 5]. 이는 피인용 수(Citation Count)와 h-index 등 연구의 질적·양적 지표를 종합적으로 고려한 결과로, 배승환 교수의 연구가 해당 분야의 후속 연구자들에게 지대한 영향을 미치고 있으며 학술적 가치가 매우 높음을 의미합니다 [3].

3. 국내외 주요 학술상 및 연구 포상

국내외 학회 및 산업계와 밀접한 관련이 있는 학술 단체로부터도 꾸준한 인정을 받고 있습니다.

- **IPIU(Information Processing Intelligence Unit) 우수포스터 발표상:** 2023년 IPIU에서 우수포스터 발표상을 수상하며, 최신 연구 트렌드를 효과적으로 전달하고 학술적 소통 능력을 인정받았습니다 [3, 5].
- **BK21 우수연구상:** 연구실 소속 연구원(Dae-Hyeon Park)이 2023년 BK21 우수연구상을 수상하는 등, 배승환 교수가 운영하는 Vision & Learning Laboratory(VL Lab)의 전반적인 연구 역량과 지도 능력이 매우 우수함을 간접적으로 입증하고 있습니다 [3].

4. 종합 평가 요약

배승환 교수의 수상 및 대외 평가를 종합하면, 다음과 같은 세 가지 핵심 역량으로 요약할 수 있습니다.

구분	주요 내용	평가적 의미
기술적 실전성	ILSVRC 2017 Object Detection 2위	실제 환경의 복잡한 데이터를 처리하는 고성능 알고리즘 구현 능력 보유

학술적 영향력	세계 상위 2% 연구자 선정 (2022)	전 세계 컴퓨터 비전 분야를 선도하는 독보적인 연구 영향력 및 전문성
연구 지속성	IPIU 수상 및 BK21 우수연구 성과	지속적인 최신 연구 수행 및 차세대 연구 인력 양성 역량 검증

이러한 객관적 지표들은 배승환 교수가 단순한 이론 연구자를 넘어, 실제 산업 현장에서 요구되는 고난도 비전 알고리즘을 설계하고 검증할 수 있는 세계적 수준의 전문가임을 나타냅니다 [1, 3, 5].

크레셈(CRESSEM) 산학협력 현황 및 기대 효과

1. 산학협력 추진 배경 및 현황

반도체 패키징 기술이 HBM(High Bandwidth Memory), 2.5D/3D 적층 구조 등 고도화된 형태로 진화함에 따라, 기존의 Rule-based(규칙 기반) 검사 방식은 미세 결함(Defect)과 정상적인 노이즈를 구분하는 데 한계에 직면해 있습니다. 이러한 기술적 난제를 해결하기 위해 크레셈(CRESSEM)은 최첨단 컴퓨터 비전 및 머신러닝 기술을 보유한 학계 전문가와의 협력이 필수적입니다.

이에 따라 크레셈은 인하대학교 컴퓨터공학과와 배승환 교수 연구팀(Vision & Learning Laboratory, VL Lab)과 2024년부터 공식적인 산학협력을 진행하고 있습니다 [2]. 본 협력은 단순한 학술 교류를 넘어, 크레셈의 하드웨어 검사 장비에 탑재될 **AI 검사 알고리즘(AI Inspection Algorithm)의 고도화**를 목적으로 하는 실질적인 공동연구 형태를 띠고 있습니다 [2]. 배승환 교수가 보유한 객체 인식(Object Recognition), 시각적 이해(Visual Understanding), 장면 분석(Scene Analysis) 분야의 최첨단 기술력을 크레셈의 반도체 검사 솔루션에 이식하는 것이 협력의 핵심 동력입니다 [3].

2. 주요 공동연구 영역 및 기술적 적용 가능성

배승환 교수 연구팀의 전문성은 크레셈이 지향하는 'AI 기반 스마트 팩토리' 구현을 위한 핵심 기술 요소들과 밀접하게 맞닿아 있습니다. 구체적인 기술 적용 가능성은 다음과 같습니다.

가. 딥러닝 기반 결함 분류 및 과검(Over-kill) 방지 기술

현재 반도체 검사 공정의 주요 이슈 중 하나는 미세한 결함을 찾아내는 과정에서 정상적인 패턴을 결함으로 오인하는 과검(Over-kill) 문제와, 실제 결함을 놓치는 미검(Under-kill) 문제입니다. 배승환 교수의 주요 연구 분야인 'Deep Learning-based Wafer Defect Classification' 기술을 적용할 경우, 단순한 패턴 매칭을 넘어 미세 결함(Defect)과 정상적인 노이즈를 정밀하게 구분할 수 있습니다 [2]. 이는 크레셈의 AI 비전 솔루션이 가진 과검률을 획기적으로 낮추고, 검사의 신뢰도를 극대화하는 데 기여할 것입니다 [10].

나. 고속·실시간 다중 객체 검출 및 추적(Object Detection & MOT)

HBM과 같이 수천 개의 TSV(Through Silicon Via) 및 Micro Bump가 존재하는 고밀도 패키징 구조에서는 검사 속도(Tact Time)와 정밀도를 동시에 확보하는 것이 매우 어렵습니다. 배승환 교수의 연구 중 '장면 및 추적 맥락 기반의 실시간 다중 객체 추적(Multi-Object Tracking, MOT) 효율화 기법'은 검사 장비의 고속 스캔 환경에서 각 검사 대상(Bump, Ball, Pad 등)을 실시간으로 정밀하게 추적하고 분석하는 데 적용될 수 있습니다 [4]. 이는 크레셈 장비의 생산성(UPH, Units Per Hour) 향상과 직결되는 요소입니다 [9].

다. 경량화된 AI 모델을 통한 온디바이스(On-device) 검사 구현

반도체 검사 장비는 대용량의 비전 데이터를 실시간으로 처리해야 하므로, 알고리즘의 연산 효율성이 매우 중요합니다. 배승환 교수가 전문성을 보유한 '지식 증류(Knowledge Distillation)', '데이터 프리 양자화(Data-free Quantization)', '지속 학습(Continual Learning)' 기술은 고성능 AI 모델을 경량화하면서도 정확도를 유지하는

핵심 기술입니다 [4]. 이를 통해 크레셈은 고사양 서버 없이도 장비 자체(Edge/On-device)에서 고속으로 동작하는 고효율 AI 검사 엔진을 탑재할 수 있는 기술적 토대를 마련할 수 있습니다 [4].

3. 산학협력을 통한 기대 효과 분석

배승환 교수와의 산학협력은 크레셈의 기술적 경쟁력 강화와 시장 점유율 확대 측면에서 다각적인 기대 효과를 창출합니다.

구분	기대 효과 상세 내용	비고
기술적 측면 (Technology)	- AI 기반 결함 분류 알고리즘 고도화를 통한 과검(Over-kill)률 최소화 - 차세대 패키징(Hybrid Bonding 등) 대응을 위한 초미세 검사 알고리즘 확보 - 모델 경량화 기술을 통한 검사 장비의 실시간성(Real-time) 및 연산 효율성 증대	핵심 경쟁력
경제적 측면 (Economy)	- 고객사(SK하이닉스, LG이노텍 등)의 수율(Yield) 향상 기여를 통한 고객 락인(Lock-in) 강화 - R&D 역량 내재화를 통한 차세대 검사 모듈 개발 기간 단축 및 비용 절감 - 고부가가치 AI 검사 솔루션 공급을 통한 수익 구조 개선	수익성 제고
전략적 측면 (Strategy)	- 학계 최상위 연구진과의 네트워크 구축을 통한 최신 AI 트렌드 조기 반영 - 'AI 기반 스마트 팩토리' 솔루션 기업으로서의 브랜드 이미지 제고 - 글로벌 검사 장비 기업(KLA 등)과의 기술 격차 해소 및 시장 주도권 확보	시장 선점

4. 향후 협력 전략 제언

성공적인 산학협력의 지속을 위해 크레셈은 다음과 같은 단계적 전략을 추진해야 합니다.

첫째, **데이터 피드백 루프(Data Feedback Loop) 구축**입니다. 연구실의 이론적 알고리즘이 실제 양산 라인의 복잡한 환경(조명 변화, 진동, 미세 이물질 등)에서도 작동할 수 있도록, 현장에서 발생하는 실제 결함 데이터를 체계적으로 수집·가공하여 연구팀에 제공하는 프로세스가 정립되어야 합니다.

둘째, **Hybrid Bonding 등 차세대 공정 선제 대응**입니다. HBM4 이후 도입될 Hybrid Bonding 기술은 기존 Bump 방식보다 훨씬 높은 정밀도의 검사를 요구합니다. 배승환 교수의 객체 검출 및 정밀 분석 기술을 활용하여, 구리(Cu) 직접 접합 시 발생하는 미세 간극 및 정렬 오차(Misalignment)를 측정할 수 있는 차세대 알고리즘 공동 개발에 역량을 집중해야 합니다 [10].

셋째, **고객 맞춤형(Customized) AI 솔루션 개발**입니다. 반도체 제조사별로 상이한 적층 방식과 공정 프로세스를 고려하여, 범용 알고리즘이 아닌 특정 고객사의 공정 특성에 최적화된 'Customized AI Inspection Engine'을 제공함으로써 기술적 진입장벽을 더욱 공고히 해야 합니다 [10].

결론적으로, 크레셈과 배승환 교수 연구팀의 산학협력은 단순한 기술 도입을 넘어, AI 반도체 시대의 핵심인 고성능 패키징 검사 시장에서 크레셈이 대체 불가능한 기술적 우위를 점하기 위한 전략적 요충지 역할을 할 것입니다.

결론 및 시사점

1. 연구 역량 종합 평가

인하대학교 배승환 교수는 컴퓨터 비전(Computer Vision) 및 머신러닝(Machine Learning) 분야에서 세계적인 수준의 이론적 깊이와 실무적 응용력을 동시에 갖춘 핵심 연구자입니다 [2, 3]. 엘스비어(Elsevier) 및 스탠퍼드 대학교가 선정한 '2022년 세계 상위 2% 연구자'라는 지표는 그의 학술적 영향력이 전 세계적으로 입증되었음을 의미하며, 특히 TPAMI(IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence)와 같은 최상위 저널(IF 24.314)에 주저자로 논문을 게재한 실적은 그의 연구가 학계의 최첨단(State-of-the-art)에 위치하고 있음을 보여줍니다 [3, 5].

단순히 이론에 머무는 것이 아니라, ILSVRC 2017 Object Detection Challenge 2위 수상과 같은 실전적 성과를 통해 알고리즘의 강건성(Robustness)과 정확도를 증명하였습니다 [1]. 이는 배 교수의 연구가 실제 산업 현장의 복잡한 시각적 데이터를 처리하는 데 매우 강력한 도구가 될 수 있음을 시사합니다. 특히 객체 검출(Object Detection), 다중 객체 추적(Multi-Object Tracking), 그리고 효율적인 비전 학습(Efficient Vision Learning)에 걸친 폭넓은 스펙트럼은 반도체 검사 장비의 고도화에 필수적인 기술적 토대를 제공합니다 [2, 4].

2. 기술 로드맵 및 반도체 검사 적용 전략

배승환 교수의 연구 역량은 크레셈(CRESSEM)이 지향하는 차세대 반도체 검사 솔루션의 기술 로드맵과 완벽히 정렬(Alignment)되어 있습니다. 향후 기술 개발의 핵심 방향은 다음과 같이 요약될 수 있습니다.

핵심 연구 영역	반도체 검사 기술 적용 방안	기대 효과
Deep Learning 기반 결함 분류	미세 결함(Defect)과 정상 노이즈의 정밀 구분	과검(Over-kill)률 감소 및 수율(Yield) 향상 [10]
효율적 비전 학습 (Knowledge Distillation 등)	검사 장비 내 임베디드 AI 모델 경량화	검사 속도(Tact Time) 극대화 및 실시간성 확보 [10]
객체 검출 및 정밀 정렬	Die-to-Die 정렬 및 Micro Bump 위치 오차 측정	HBM 및 고밀도 기판(FC-BGA) 검사 정밀도 향상 [11]
생성적 적대 신경망 (GANs)	데이터 부족 문제 해결을 위한 합성 결함 데이터 생성	학습 데이터 불균형 해소 및 알고리즘 강건성 확보 [2]

특히 HBM4 공정에서 도입될 Hybrid Bonding(구리 직접 접합) 기술은 기존 Bump 방식보다 훨씬 높은 정밀도의 검사를 요구합니다 [10]. 배 교수의 연구 분야 중 하나인 '변형 가능한 부품 기반 검출 및 적대적 다중스케일 피쳐 보간' 기술 등은 초미세 간극 및 비정형 결함을 탐지해야 하는 차세대 검사 모듈 개발에 있어 결정적인 솔루션이 될 수 있습니다 [4].

3. 향후 협력 강화 및 전략적 제언

크레셈은 2024년부터 배승환 교수와 AI 검사 알고리즘 공동연구를 진행하며 산학협력의 기반을 마련하였습니다 [2]. 향후 단순한 기술 자문을 넘어, 다음과 같은 단계적 협력 강화를 제언합니다.

• 단계 1: 알고리즘 고도화를 통한 제품 경쟁력 확보 (Short-term)

현재 진행 중인 AI 비전 알고리즘 공동연구를 통해, 크레셈 검사 장비의 과검(Over-kill)률을 획기적으로 낮추고 검사 정확도를 99.7% 이상의 수준으로 안정화하는 데 집중해야 합니다 [9]. 이는 고객사(SK하이닉스, LG이노텍 등)의 수율 향상 요구에 직접적으로 대응하는 핵심 전략입니다 [10].

• 단계 2: 차세대 공정 맞춤형(Customized) 솔루션 공동 개발 (Mid-term)

HBM, CoWoS, 2.5D/3D 적층 구조 등 급변하는 패키징 트렌드에 맞춰, 배 교수의 Vision & Learning Laboratory(VL Lab)와 함께 고객사 공정 특화형 AI 검사 엔진을 공동 개발해야 합니다 [11]. 이는 기성 제품이 아닌 맞춤형 솔루션을 제공함으로써 고객 락인(Lock-in) 효과를 극대화하는 전략입니다 [10].

- **단계 3: AI 기반 스마트 팩토리 데이터 솔루션 선점 (Long-term)**

단순 결함 검출을 넘어, 검사 데이터를 분석하여 공정상의 불량 원인을 역추적(Root Cause Analysis)할 수 있는 데이터 분석 솔루션으로 사업 영역을 확장해야 합니다 [10]. 배 교수의 머신러닝 전문성을 활용하여 검사 데이터를 지능형 공정 제어 데이터로 변환하는 기술을 확보한다면, 크레셈은 단순 장비 제조사를 넘어 고객사의 생산성을 책임지는 '지능형 검사 파트너'로 도약할 것입니다 [10, 12].