

캡스톤디자인 II 계획서

제 목	국문	SAR 영상 분석 및 의미론적 분할 연구			
	영문	SAR image analysis and semantic segmentation research			
프로젝트 목표 (500자 내외)	<p>Synthetic Aperture Radar(SAR) 기술은 낮과 밤, 다양한 기상 조건에서도 지구 표면을 관측할 수 있는 강력한 도구이다. 그러나 SAR 데이터의 복잡성으로 인해 레이블링에는 전문가와 높은 비용이 요구된다. 원격 감지 분야에서 Segmentation과 Object Detection은 필수적인 기술로, 딥러닝의 발전으로 성능이 크게 향상되었지만, SAR 이미지는 여전히 어려운 문제로 남아 있다.</p> <p>우리는 Knowledge Distillation(KD, 지식 증류) 방법을 활용하여 광학 이미지를 이용해 Teacher 모델을 학습시키고, 이 지식을 SAR 이미지의 Student 모델 학습에 활용하여 추가적인 가이드를 제공함으로써 SAR 이미지의 의미론적 분할 성능을 향상시키는 것을 목표로 한다.</p> <p>본 연구의 목표는 SCI급 논문 2편의 작성이다.</p>				
프로젝트 내용	<p>본 프로젝트는 SAR 이미지의 의미론적 분할 성능을 향상시키기 위해 SAR 및 광학 이미지 간의 정보 전달을 탐구한다. SAR 이미지는 광학 이미지와 다른 이미징 메커니즘을 통해 획득되며, 이로 인해 다량의 스펙클 노이즈와 불러가 포함된 포인트 클라우드 형태의 데이터를 생성한다.</p> <p>우리는 SAR 이미지의 의미론적 분할을 개선하기 위해 고주파 성분과 세부적인 성분이 풍부한 광학 이미지를 활용할 계획이다. 이를 위해, Teacher 모델을 광학 이미지로 학습시켜 SAR 이미지의 노이즈와 불러 부분에 대해 광학 이미지의 가이드를 제공하는 방식으로 Student 모델을 훈련시킬 예정이다.</p> <p>이 접근법은 SAR 이미지의 고유 특성을 보완하고, 더욱 정확한 의미론적 분할을 가능하게 할 것으로 기대된다.</p>				
기대효과 (500자 이내) (응용분야 및 활용범위)	<p>본 연구에서는 제안된 지식 증류 방법을 통해 SAR 이미지의 장점과 광학 이미지의 고주파 성분을 효과적으로 활용하고자 한다. SAR 이미지는 날씨나 시간에 구애받지 않고 촬영이 가능하며, 광학 이미지는 고주파 성분이 풍부하여 두 가지 이미지를 결합함으로써 보다 정확한 정보를 제공할 수 있다. 이러한 방법은 재난 관리, 환경 모니터링, 국방 산업 등 다양한 분야에서 효율적으로 활용될 수 있다.</p> <p>본 연구의 결과는 국제 학술지에 발표하여 학술적 기여를 목표로 하며, 이를 통해 원격 감지 분야의 연구 및 응용 범위 확장에 기여할 것이다.</p>				
중심어(국문)	합성 개구 레이더	원격 감지	컴퓨터 비전	지식 증류	
Keywords (english)	Synthetic Aperture Radar	Remote Sensing	Computer Vision	Knowledge Distillation	
멘토	소속	에스아이에이	이름	구자명	
팀 구성원	학년/반	학 번	이 름	연락처(전화번호/이메일)	
	4/H2	20191785	이지상	010-9758-7656/20191785@edu.hanbat.ac.kr	
	4/H1	20191735	서형원	010-7200-2360/20191735@edu.hanbat.ac.kr	
컴퓨터공학과와 캡스톤디자인 관리규정과 모든 지시사항을 준수하면서 본 캡스톤디자인을 성실히 수행하고자 아래와 같이 계획서를 제출합니다.					
2024 년 6월 30일					

책 임 자 : 이지상
지도교수 : 장한얼

(인)
(인)

캡스톤디자인 계획서(양식)

1. 캡스톤디자인의 배경 및 필요성

Synthetic Aperture Radar (SAR)는 물체나 지형을 대상으로 한 레이더 신호를 활용하여 낮과 밤, 그리고 안개나 구름과 같은 기상 조건에 구애받지 않고 고해상도 이미지를 생성하는 능력을 보유하고 있다. 이러한 특징으로 국내외 연구 기관 및 산업계에서는 SAR 기술의 고유한 특성을 활용하여 지구 관측, 환경 모니터링, 재난 관리, 군사 작전 등 다양한 분야에서의 새로운 응용 가능성을 탐색하고 있다.

최근에는 심층 학습(Deep Learning)과 같은 인공지능(AI) 기술을 SAR 이미지 분석에 접목시키는 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 이러한 연구는 SAR 이미지에서의 객체 탐지(Object Detection), 이미지 분할(Segmentation)과 같은 이미지 처리 작업의 정확도와 효율성을 대폭 향상시키고 있다. 하지만, SAR 이미지는 speckle noise와 같은 고유한 특성으로 인해 라벨링 시 위성영상 전문가를 필요로 하고, 광학 이미지와는 다른 복잡한 이미징 메커니즘으로 인해 학습에 어려움이 있다는 제한점이 존재한다. 반면, 광학 이미지는 SAR 이미지에 비해 라벨링에 전문가를 필요로 하지 않고, 간단한 이미징 메커니즘으로 인해 학습하는데 어려움이 적다.

우리는 Knowledge Distillation(KD, 지식 증류)[1] 방법을 활용하여 광학 이미지를 이용해 Teacher 모델을 학습시키고, 이 지식을 SAR 이미지의 Student 모델 학습에 활용하여 추가적인 가이드를 제공함으로써 SAR 이미지의 의미론적 분할 성능을 향상시키는 것을 목표로 한다. 지식 증류는 높은 성능을 보이는 Teacher 모델의 출력을 Student 모델이 모방하도록 하여 학습 효율을 높이는 방법이다. 이 접근법은 SAR 데이터의 특성을 고려한 학습을 가능하게 하며, 레이블링에 필요한 비용과 노력을 절감할 수 있다.

2. 캡스톤디자인 목표 및 비전

본 캡스톤디자인은 SAR 이미지를 활용한 지식 증류(KD) 기술에 초점을 맞추며, 특히 도시 환경 내 건물 분할을 새로운 연구 대상으로 삼아 기존 연구 범위를 확장한다. 대부분의 도시 환경 내 건물 분할 연구는 광학 이미지를 기반으로 수행되었으며, 이는 비교적 단순한 과제로 평가될 수 있다. 제안하는 건물 분할 기법은 광학 이미지의 추가적인 지식을 복잡한 SAR 이미지 메커니즘의 해석에 활용하여, 단일 SAR 이미지 사용 시 최신 지식 증류 기법[2, 3] 대비 향상된 성능을 보이는 것을 목표로 한다.

본 연구의 목표는 지식 증류 기반 SAR 이미지 분석의 효과와 가능성을 입증하고 SCI급 논문 2편의 작성하는 것이다. 추가로 연구를 통해 실제 응용 분야에서의 활용 가능성을 크게 확장할 수 있을 것으로 기대된다.

3. 캡스톤디자인 내용

분류	내용	설명
----	----	----

기능적 요구사항	KN을 통한 SAR 이미지 분석	<ul style="list-style-type: none"> - 광학 이미지에서 SAR 이미지로의 정보 전달을 위한 KN 기술 개발과 적용 - 최신 논문 탐색 및 비교 실험 진행
	데이터셋 수집 및 전처리	<ul style="list-style-type: none"> - 이미지 전처리, 데이터 증강, 노이즈 제거를 위한 데이터 전처리 - OpenCV와 위성영상 처리 파이썬 패키지 GDAL 사용
	KN 모델 설계	<ul style="list-style-type: none"> - PyTorch 기반으로 코드 작성, 최신 성능의 이미지 분할 모델 사용(smp, MMsegmentation 프레임 워크) - Pretrained model 은 Hugging Face 탐색
	실제 효용성 검증	<ul style="list-style-type: none"> - SIA에서 제공하는 SAR 데이터셋을 통한 분할 성능 평가 진행
비기능적 요구사항	성능	<ul style="list-style-type: none"> - 모델의 정확성, 최신 KN 기법등을 비교하여 평가 진행
	보안	<ul style="list-style-type: none"> - 데이터셋이 벤치마크이므로 외부 사용 가능(SpaceNet6)
	확장성	<ul style="list-style-type: none"> - 개발된 모델이 다른 데이터셋에서도 적용 가능한지 테스트하여 모델의 적용 범위 확장
	결과	<ul style="list-style-type: none"> - 연구 모델 기반으로 논문 작성

4. 캡스톤디자인 추진전략 및 방법

학습에 사용되는 데이터셋은 SpaceNet6 경진대회에서 공개된 데이터셋[4]을 기반으로 하여, 900x900 해상도의 3,401장의 이미지를 포함한 광학 데이터, SAR 데이터 및 Building Segmentation mask를 활용한다. 이 데이터셋은 동일한 좌표에서의 Optical/SAR pair 및 Segmentation 학습 데이터를 제공한다. 데이터셋의 학습을 위해 컴퓨터공학과에서 Nvidia RTX A6000 48G 서버 2대를 대여할 예정이다.

팀 구성원 모두 전공과목인 “인공지능”, “컴퓨터비전”을 수강한 이력이 있고 “SW중심대학 공동 AI 경진대회 2023”에서 위성 이미지 건물 영역 분할이라는 주제로 경진대회를 수행, 수상한 경험이 있다. 추가적으로 “제6회 2024 연구개발특구 AI SPARK 챌린지”에서 글로벌 산불 감지 챌린지라는 주제로 경진대회를 수행, 수상한 경험도 있다. 이러한 경험을 통한 인공

지능과 위성영상 관련 지식에 대한 이해가 있다.

전체 모델 코드는 PyTorch 기반으로 개발될 예정이며, 최신 논문 기반 모델과 Hugging Face의 Pre-trained 모델을 활용할 예정이다. 이미지 전처리와 데이터 증강을 위해서는 이미지 처리 라이브러리인 OpenCV와 위성영상 처리 패키지인 GDAL을 사용한다. 딥러닝 기반 분할 모델의 경우 최신 논문 기반 모델을 사용할 수 있는 MMsegmentation, SMP 패키지를 사용한다. 개발된 KN 모델의 효용성을 SIA에서 제공하는 SAR 데이터셋을 활용하여 검증한다. 모델의 성능은 기존 방법과의 비교 분석을 통해 정량, 정성적으로 평가한다.

캡스톤디자인 관련 모든 코드는 <https://github.com/Kkubuck>에 업로드 예정이다.

	팀 구성	성명	주 역할
1	팀장	이지상	논문 탐색 및 논문 구현, 코드 작성
2	팀원	서형원	논문 탐색 및 논문 구현, 코드 작성

사용 프레임 워크



5. 캡스톤디자인 결과의 활용방안

본 캡스톤디자인 결과는 다양한 실질적 응용 분야에서 활용될 수 있다. 재난 관리에서는 SAR 이미지의 뛰어난 날씨 저항성과 광학 이미지의 고해상도 정보를 결합하여 신속하고 정확한 피해 평가와 복구 계획 수립이 가능하다. 환경 모니터링에서는 지속적인 생태계 변화 감지 및 오염 추적이 용이해진다. 국방 산업에서는 적외선 탐지와 함께 광학 및 SAR 데이터를 통합하여 정밀한 표적 식별 및 추적이 가능해진다. 또한, 본 연구의 결과는 국제 학술지 발표를 통해 원격 감지 분야의 학술적 기여와 기술적 발전에 중요한 역할을 할 것이다.

6. 참고문헌

[1] Liu, Y.; Chen, K.; Liu, C.; Qin, Z.; Luo, Z.; Wang, J. Structured Knowledge Distillation for Semantic Segmentation. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2019, pp. 2604–2613.

[2] Wang, Y.; Zeng, L.; Yang, W.; Kang, J.; Yu, H.; Datcu, M.; Xia, G.-S. Extracting Building Footprints in SAR Images via Distilling Boundary Information From Optical Images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2024, 62, 5204215.

[3] Kang, J.; Wang, Z.; Zhu, R.; Xia, J.; Sun, X.; Fernandez-Beltran, R.; Plaza, A. DisOptNet: Distilling Semantic Knowledge From Optical Images for Weather-Independent

Building Segmentation. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2022, 60, 4706315.

[4] Shermeyer, J.; Hogan, D.; Brown, J.; Van Etten, A.; Weir, N.; Pacifici, F.; Hänsch, R.; Bastidas, A.; Soenen, S.; Bacastow, T.; Lewis, R. *SpaceNet 6: Multi-Sensor All Weather Mapping Dataset. arXiv, 2020.*