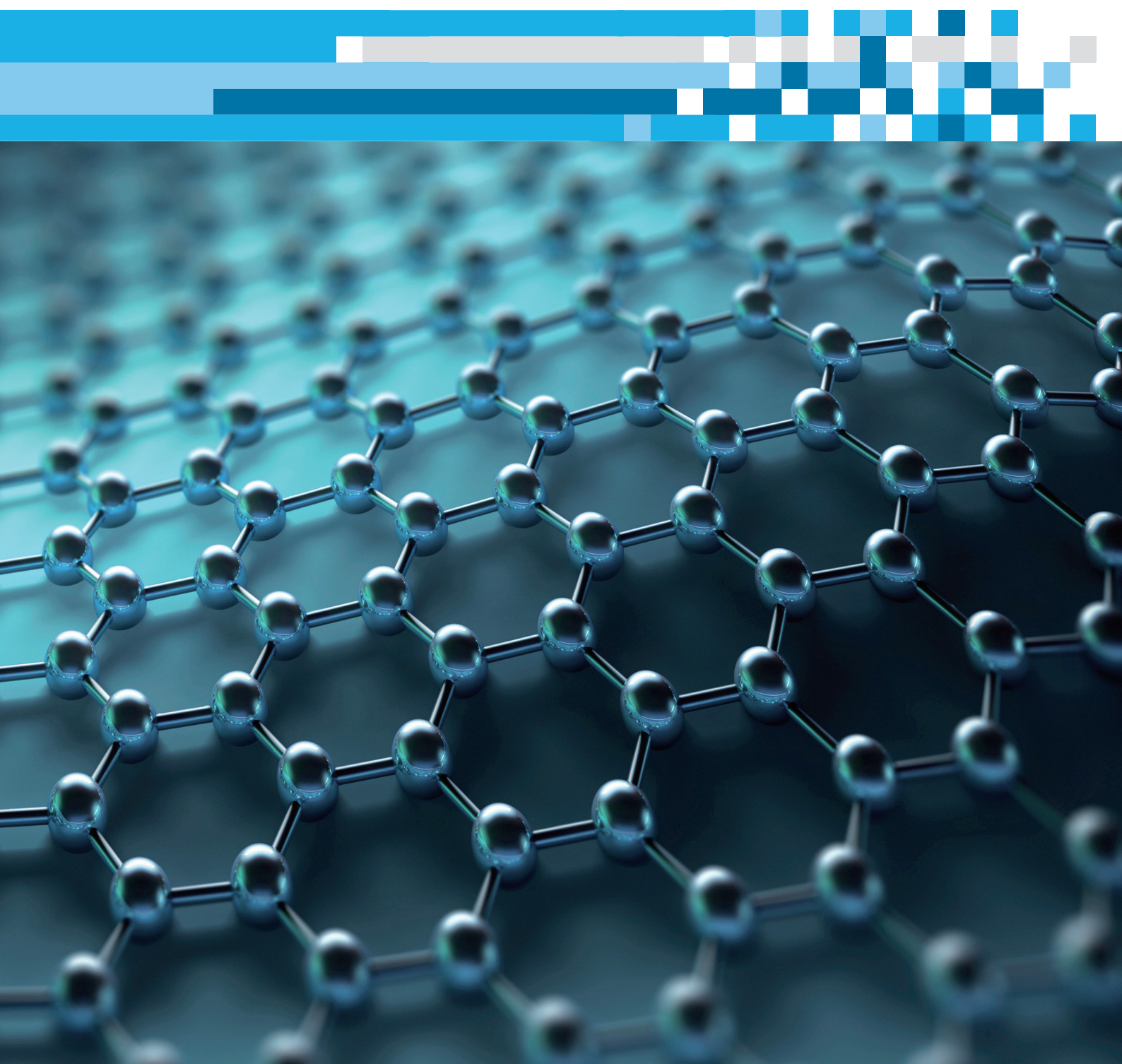


3D나노융합소재연구센터 기술리포트

2023년 1월호





Contents

01 반도체 공정 개선 기술 내 적용 가능한 컴퓨터 비전 기술

09 의료 및 일반 영상의 분류와 세분화 과제

반도체 공정 개선 기술 내
적용 가능한 컴퓨터 비전 기술

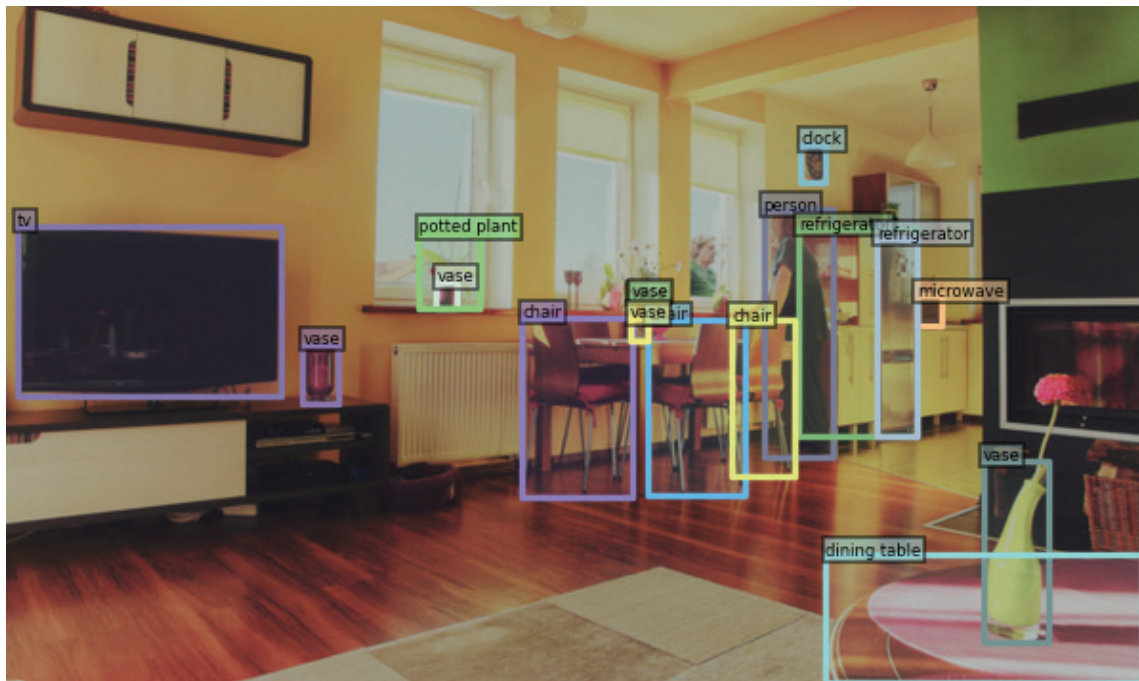


○ 객체 검출 (Object detection)

1. 객체 검출 기술 설명

▣ 객체 검출

- 컴퓨터 비전에서 객체 검출이란, 영상 내에서 검출 대상 객체의 클래스를 정확히 분별(classification)함과 동시에 정확한 위치를 정확히 인식(localization)하는 태스크를 의미
- 객체 검출기는 컴퓨터 비전 내 타 기술과의 결합을 통해 그 성능 향상 가능함. 예를 들어 데이터 증강(data augmentation) 모델과 객체 검출기와의 결합 통해 객체 검출 정확도 향상 가능 [1]



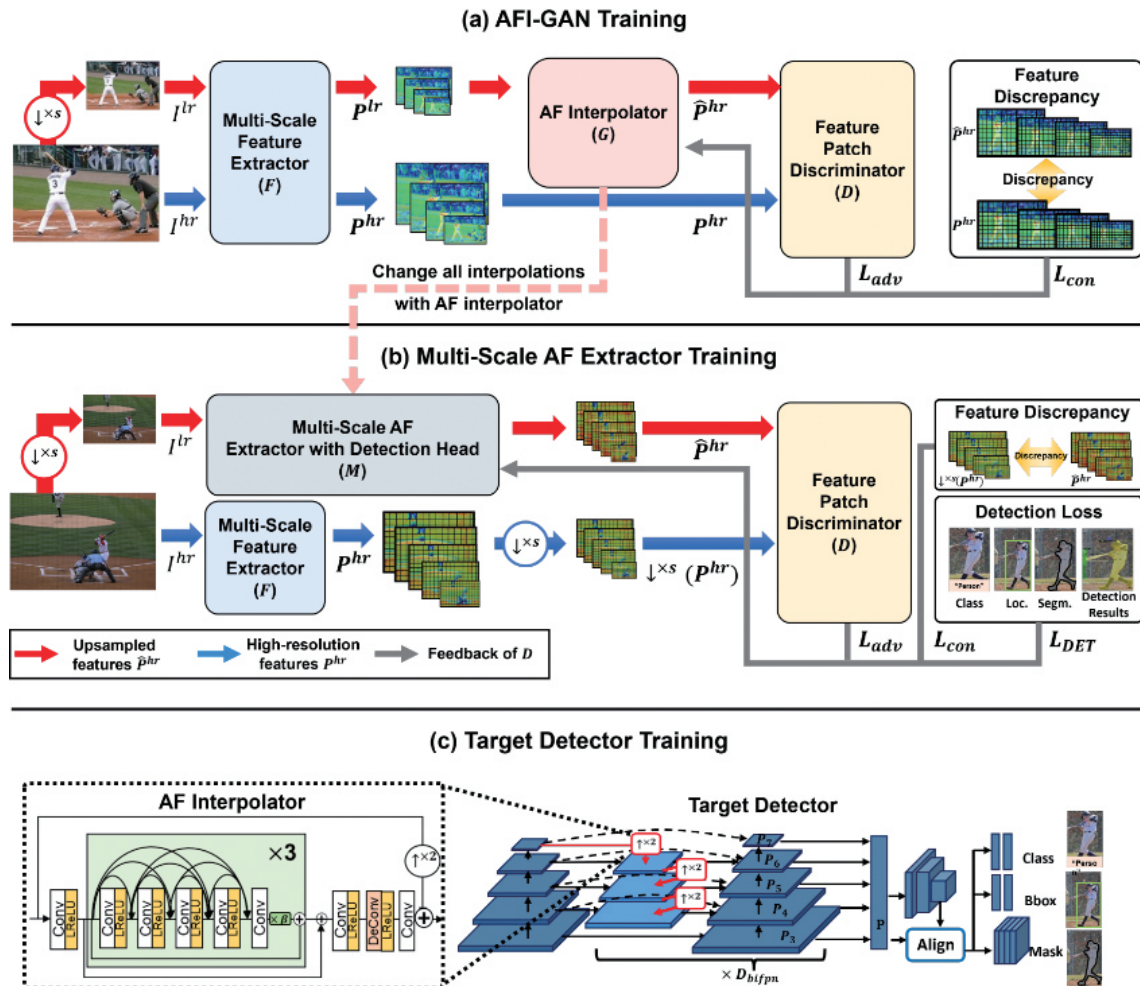
2. 연구실 보유 객체 검출 기술

▣ 객체 스케일 변화 및 폐색에 강건한 객체 검출

- 작은 객체 검출 시 RPN (region proposal network)에서 추론된 영역과 객체 영역이 일치하지 않는 문제와 객체 폐색으로 인해 CNN 특징맵의 분별력이 저하되어 객체 검출 정확도가 하락하는 문제 해결 필요
- Multi-scale region proposal (MRP) 네트워크를 통해 region proposal의 다양성을 향상하고, 다양한 region proposal을 생성하여 생성된 영역에서 특징 추출을 통해 객체 스케일 변화에 강건한 객체 검출 수행
- Region decomposition and assembly (RDA) 네트워크를 통해 객체 검출정확도 향상 도모하며, Region assembly block을 통해 객체의 전체/부분 영역에 추출된 CNN 특징량 비교 학습. 이를 통해 강력한 의미론적 특징 추출하여 폐색 상황에서도 분별력 있는 검출 수행

▣ 객체 검출에 적합한 초해상도 특징맵 생성 및 학습 기술

- 전통적인 보간 방식으로 업샘플링된 특징맵에서는 노이즈/블러가 발생해 객체 검출에 적용할 시, 객체 검출 성능이 저하되는 문제 발생하여 개선 필요
- Multi-scale feature representation에 기반한 객체 검출에 적합한 초해상도 특징량 생성 네트워크를 객체 검출에 활용
- 다양한 객체 검출기에 적용 가능한 초해상도 특징맵 생성 네트워크를 통해 재사용성 및 학습 복잡도 감소 도모
- 적대적 학습 도중 초해상도 특징량 생성 네트워크에 대한 과적합(overfitting)을 방지하는 학습 기술 적용하여 학습 정확도 향상
- 생성된 초해상도 특징맵의 진위 판별을 위한 patch-based feature discriminator 활용하여 네트워크 학습



○ 다중 객체 추적 기술 (Multi-Object Tracking)

1. 객체 검출 기술 설명

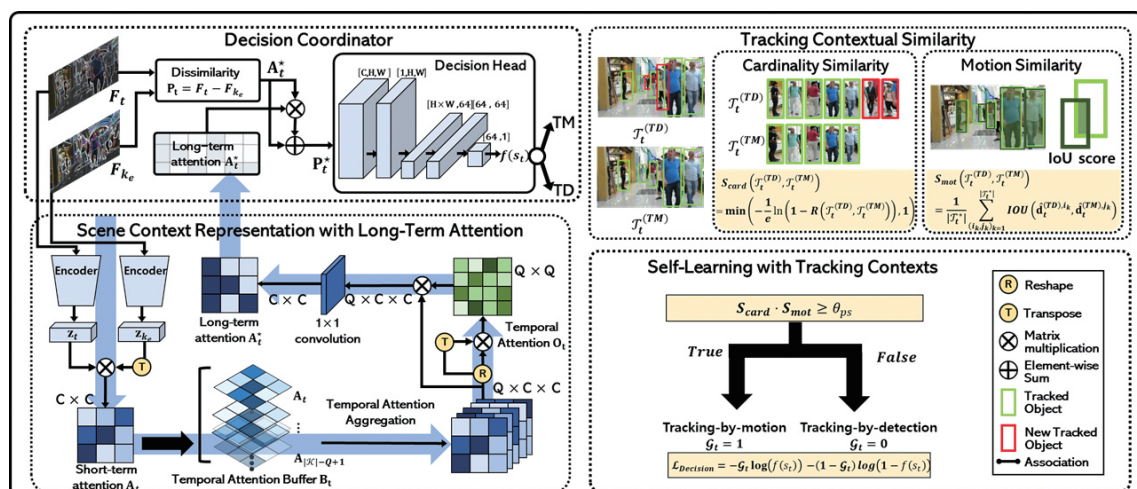
▣ 다중 객체 추적 기술 설명

- 다중 객체 추적(multi-object tracking)은 연속된 프레임 간에서 추적 결과의 정보(identification)를 보존하고, 추적 객체와 검출 결과(detection)를 연관(association)하여 추적 궤도(trajecory)를 생성
- 고성능 연관을 위해 다수의 유사도 모델(외형, 모션 등)을 활용
- Neural Network 기반 검출기(detector)를 통해 얻은 검출 결과를 기반으로 다중 객체 추적을 수행

2. 연구실 보유 다중 객체 추적 기술

▣ 실시간 다중 객체 추적을 위한 적응적 검출 수행 스케줄링 기술

- 최근 다중 객체 추적 기술은 딥러닝 기반 검출기 수행 후 추적을 수행. 고성능 객체 검출기를 수행할 경우 전체 추적 속도 관점에서 실시간으로 동작하는 것이 어려움[2, 3, 4]. 따라서 추적속도 향상을 위해 검출 횟수 최소화 필요
- 그러나, 객체 검출을 수행하지 않고 추적 수행 시, 추적 정확도가 저하될 수 있어 적응적으로 검출을 수행할 수 있도록 프레임 간의 장면/추적 컨텍스트 유사성에 따라 적응적으로 검출 수행 스케줄링을 진행
- 장면/추적 컨텍스트 정보에 기반한 자가 주도 학습 방법(self-supervised learning)을 통해 적응적 검출 스케줄러를 학습. 이를 통해 검출 횟수를 최소화하여 검출 수행에 의한 병목 현상을 최소화하고 전체 추적 속도 향상 도모

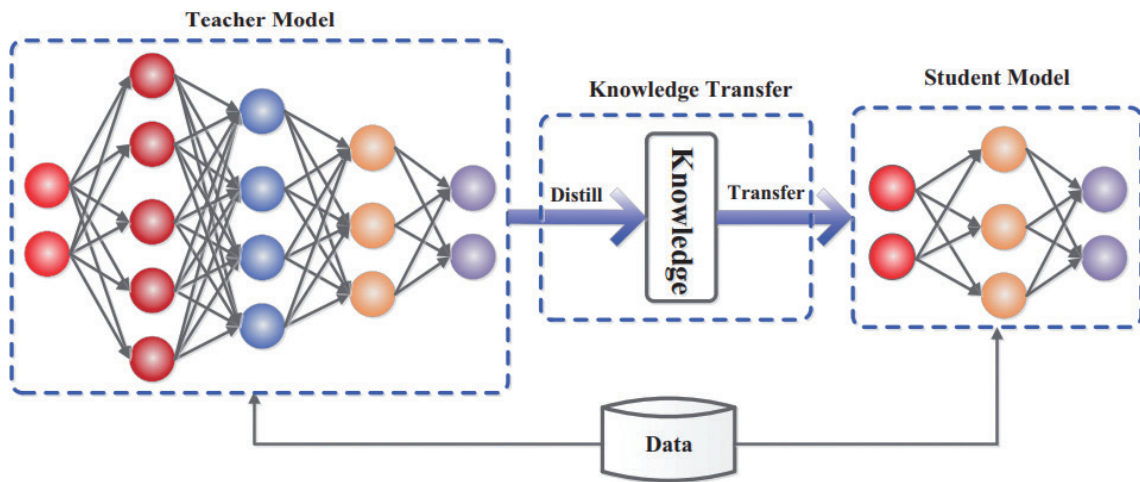


○ 지식 증류 (Knowledge distillation)

1. 지식 증류 기술 설명

▣ 지식 증류

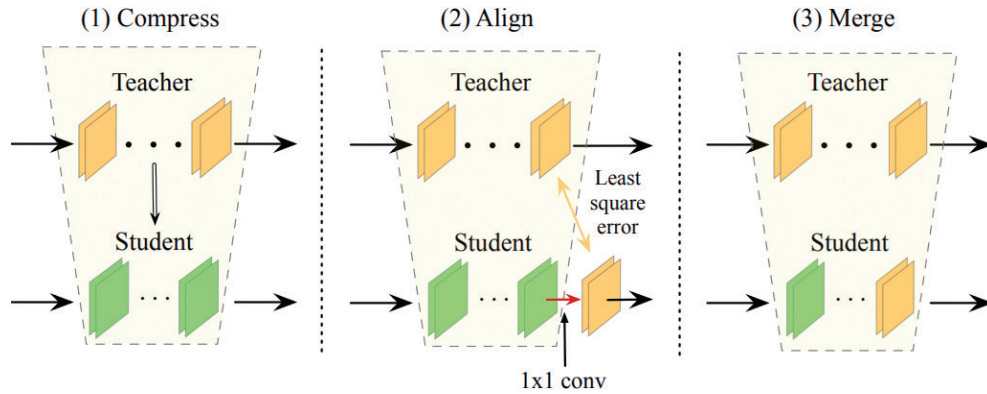
- 지식 증류는 큰 teacher model로부터 지식 (logit, feature map, relation 등)을 작은 student 모델로 전이하는 기술
- 시각 AI 기술을 기기에 탑재하기 위해서 Pruning 등으로 파라미터 수를 줄여 추론 시간이 빨라지지만, 정확도가 감소하기 때문에 지식 증류를 적용하여 정확도 하락을 방지할 수 있음



2. 연구실 보유 지식 증류 기술

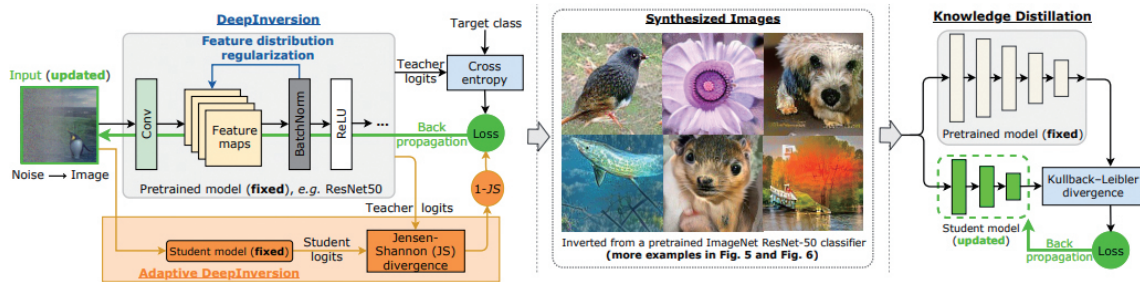
▣ 퓨샷 지식 증류

- 지식 증류를 통해 압축된 모델의 정확도를 회복할 수 있으나 적은 학습 샘플만 있을 때 과적합 문제가 발생할 수 있음
- 해당 문제를 해결하기 위해 FSKD [5]는 teacher model의 레이어와 이에 대응되는 student model의 레이어의 특징맵 간 거리가 최소가 되도록 하는 1×1 컨볼루션 레이어의 파라미터를 추정
- 이를 통해 과적합 없이 적은 학습 샘플로 student model의 정확도 하락을 방지할 수 있음

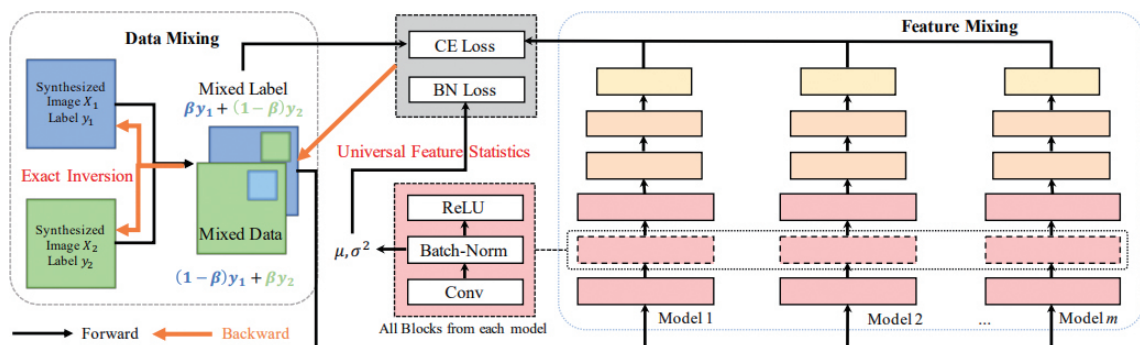


▣ 데이터 프리 지식 종류

- 학습 데이터셋에 접근할 수 없는 상황에서 학습 데이터 셋을 생성하기 위해, DeepInversion [6]은 noise를 최적화하여 이미지를 만드는 DeepDream [7]을 확장 시켜 이미지의 퀄리티를 향상
- 이미지 퀄리티를 향상시키기 위해 생성된 이미지로부터 추출된 특징맵의 mean과 variance가 teacher model의 batch normalization 레이어로부터의 mean과 variance가 최대한 근접하도록 만드는 feature distribution regularization term을 적용



- Noise를 최적화하여 생성된 학습 데이터는, 최적화에 사용된 모델에 특화되며 다른 구조의 모델에 학습에 사용될 경우 성능 하락이 발생
- MixMix [8]는 다양한 모델에 생성된 이미지를 입력하여 산출된 손실 함수를 모두 고려하여 noise를 최적화하는 feature mixing을 통해 여러 종류의 모델에서 사용 가능하며 성능 하락을 방지할 수 있는 학습 데이터 셋을 생성



○ 보유 기술의 반도체 공정 개선 기술 적용

1. 객체 검출 기술의 반도체 공정 개선 기술

▣ 웨이퍼 크랙(crack) 검출

- 반도체 공정에서 불량률을 최소화하기 위해서는 공정 중 웨이퍼 내에서 발생할 수 있는 크랙 결함을 정확히 검출하고 이를 공정과정에서 배제하는 것은 중요함
- 인력을 통한 크랙 결함 검출은 많은 시간을 요구하며, 그 정확도 역시 작업자의 숙련도에 좌우됨
- 이에, 객체 검출 네트워크를 웨이퍼 크랙 검출할 수 있도록 학습하고 실제 반도체 공정과정에 적용 가능한 기술 개발 필요

2. 다중 객체 추적 기술의 반도체 공정 개선 기술 적용

▣ 웨이퍼 크랙 추적

- 영상 범위에서 벗어나는 크랙 검출 시, 해당 크랙의 유사성을 계산하여 인접 프레임에서 동일 크랙 여부 판별 수행 기대
- 영상 기반 웨이퍼 크랙 추적 수행 시, 크랙 추적 결과 정보 저장 및 검색 수행 기대
- 비디오 기반 크랙 검출 시 프레임간 크랙 연관 분석을 통해 보다 정확한 탐지 가능

3. 지식 증류 기술의 반도체 공정 개선 기술 적용

▣ 시각 AI 모델의 실제 장비 탑재를 위한 임베디드 AI 모델 개발

- 크랙 검출 등의 시각 AI를 반도체 공정 장비에 탑재하기 위해서는 pruning, decomposition 등 모델 압축 기술이 적용될 필요가 있음
- 하지만 모델 압축으로 인해 정확도가 하락하는 문제가 발생할 수 있음. 이에, 지식 증류를 사용하여 정확도 하락을 방지할 필요가 있음
- 반도체 공정의 과정에서 데이터 셋을 수집하기 어려워서, 데이터 셋이 적거나 없는 환경으로 가정해 지식 증류 기술을 적용함으로써, AI 모델의 성능 하락을 방지하여 고성능 AI 모델을 반도체 공정 장비에 탑재

○ 참고문헌(Reference)

[1] 객체 검출 정확도 향상 가능 [1]

Zoph, Barret, et al. "Learning data augmentation strategies for object detection." European conference on computer vision. Springer, Cham, 2020.

[2] 동작하는 것이 어려움.[2, 3, 4]

Wang, Yongxin, Kris Kitani, and Xinshuo Weng. "Joint object detection and multi-object tracking with graph neural networks." 2021 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). IEEE, 2021.

[3] 동작하는 것이 어려움.[2, 3, 4]

Meinhardt, Tim, et al. "Trackformer: Multi-object tracking with transformers." Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2022.

[4] 동작하는 것이 어려움.[2, 3, 4]

Liang, Chao, et al. "Rethinking the competition between detection and ReID in multiobject tracking." IEEE Transactions on Image Processing 31 (2022): 3182-3196.

[5] 해결하기 위해 FSKD [5]는 teacher model의 레이어

Li, Tianhong, et al. "Few sample knowledge distillation for efficient network compression." Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2020.

[6] ...DeepInversion [6]은 noise를 최적화하여 이미지를 ...

Yin, Hongxu, et al. "Dreaming to distill: Data-free knowledge transfer via deepinversion." Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2020.

[7] 이미지를 만드는 DeepDream [7]을 확장시켜 이미지의 ...

Mordvintsev, Alexander, Christopher Olah, and Mike Tyka. "Inceptionism: Going deeper into neural networks." (2015).

[8] 다양한 모델에 생성된 이미지를 입력하여...

LI, Yuhang, et al. Mixmix: All you need for data-free compression are feature and data mixing. (2021)

의료 및 일반 영상의 분류와 세분화 과제



○ Cell Segmentation

- Cell segmentation은 세포이미지를 개별적인 인스턴스를 나타내는 세그먼트로 분할하는 작업입니다. 이는 결함 위치 검출의 정밀화를 위한 픽셀 단위 결함 영역 검출 기술 개발에도 활용될 수 있는 연구입니다.

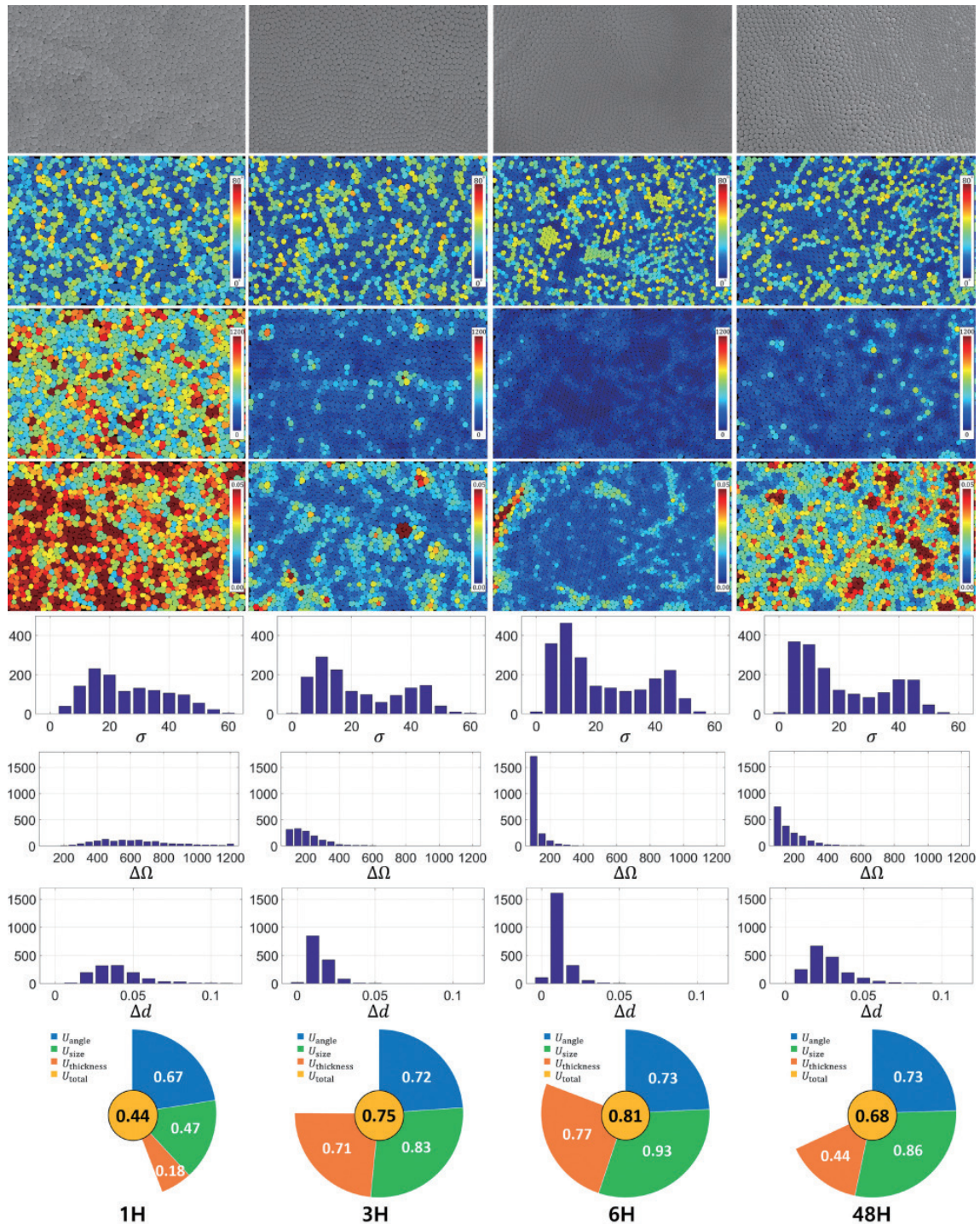
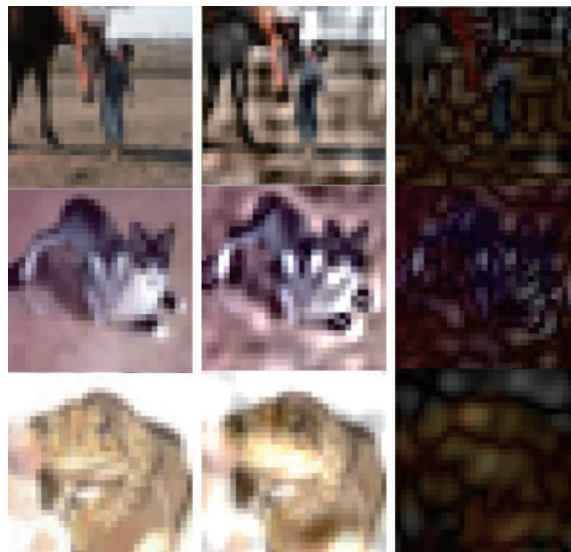


그림 1. 세포의 균일성 분석에 의한 산화물 배향 분석 결과

- 이에 양극 산화물의 코팅 품질을 평가하기 위해 세포 분할을 이용한 정량 분석 방법을 연구합니다. 티타니아 표면의 각 세포를 식별하기 위해 경계 영역은 지역 강도 분포 및 경계 거리 맵에 따라 적응적으로 감지됩니다.
- 티타니아 표면의 이미지를 주사전자현미경(SEM)에 투사하고 투영된 이미지의 각 셀은 로컬 최대값을 중심으로 클러스터링을 통해 분할됩니다. 두께는 인접한 셀 사이의 각도 차이, 크기 차이 및 밝기 차이를 사용하여 측정됩니다.

○ Data Augmentation in Frequency Domain

- 딥 러닝을 기반으로 작업을 해결하려면 충분히 큰 데이터 세트가 필요합니다. 그러나 딥 러닝에 의료 데이터 세트를 사용하는 것은 액세스가 제한되어 있기 때문에 어렵습니다. 이에 합성곱 신경망 기반 접근 방식의 이미지 분류에 사용할 수 있는 새로운 데이터 증강 패러다임을 제안합니다.



(a) CIFAR-10 Dataset

그림 2. X-Ray 영상 증강 과정 결과 예시

- 주파수 영역은 공간 영역보다 고유한 패턴을 가지므로 주어진 영상의 주파수 영역 패턴을 임의로 변경하여 보다 다양한 패턴을 얻을 수 있습니다.
- 먼저, 주파수 영역에서 의미 있는 패턴이 일반적으로 푸리에 스펙트럼의 고강도 영역에 분포되어 있다고 가정합니다. 다음으로 푸리에 스펙트럼에서 의미 있는 패턴을 거부할 각도를 선택합니다.
- 그 후, 새로운 마스크 패턴을 생성하고 고속 푸리에 변환 이미지에서 특정 주파수 패턴을 제거합니다. 그런 다음 거부된 주파수 이미지에 역 고속 푸리에 변환을 적용하여 공간 영역으로 다시 변환합니다.

○ Image Forgery Localization

- 이미지 위변조는 허위정보 유포 및 사회에 불행한 결과를 초래할 수 있습니다. 이에 위변조 지역화를 위해 FBI-Net이라는 DCT(Discrete Cosine Transformation) 기반 다중 작업 학습 네트워크를 제안합니다.

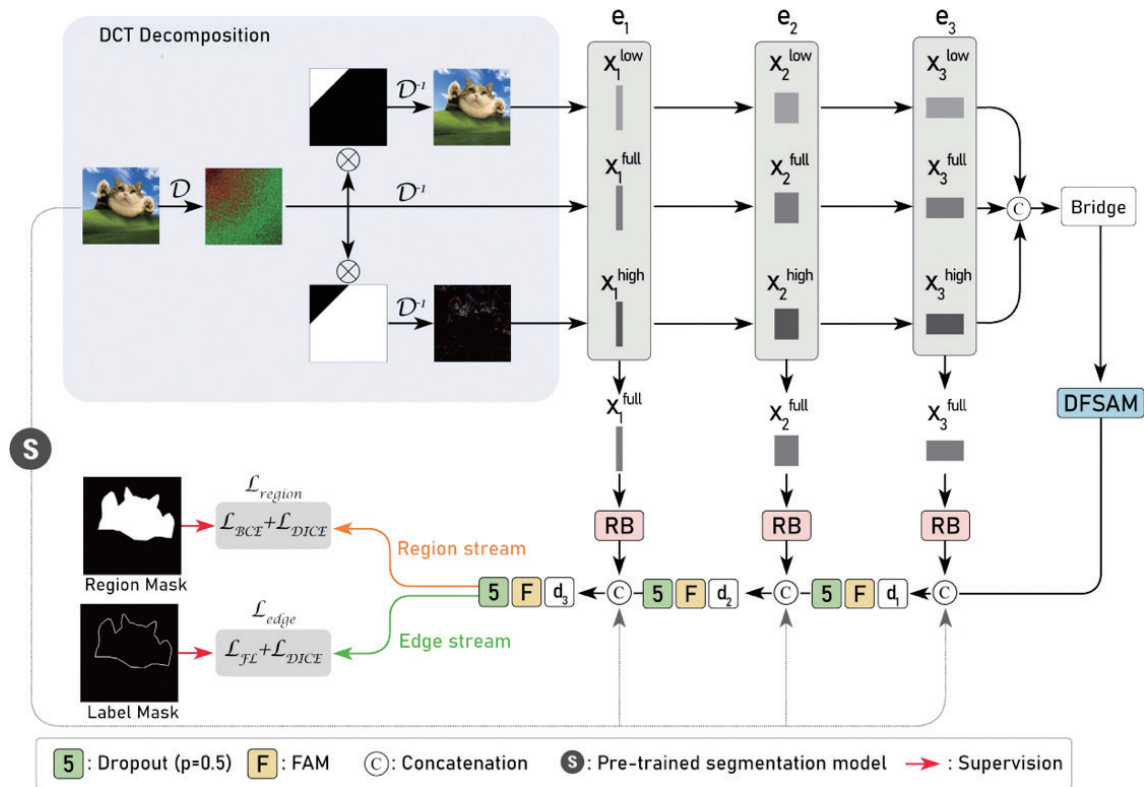


그림 3 . FBI-Net 학습 네트워크 개요도

- 우리가 제안한 네트워크는 공유하는 3개의 인코더로 구성된 완전 컨볼루션 인코더-디코더 아키텍처를 채택합니다. 인코더는 세 입력으로 RGB 이미지 및 고/저 DCT 필터링 이미지를 받습니다. 고주파 성분은 물체를 학습하는 데 도움이 됩니다. 또한 CNN 정확도를 향상시키는 특성인 저주파 성분은 필수 주파수 정보입니다
- 브리지 레이어의 모듈인 DFSAM은 네트워크에 통합되어 융합된 기능을 재보정하고 표현력을 높입니다.
- 마지막으로 디코더 단계에서는 레이블의 영역 및 가장자리 정보를 학습합니다. 다중 작업 학습을 통해 위조 지역 현지화에 대한 보다 광범위한 감독을 제공합니다.

○ Brain Tumor Segmentation

- Segmentation은 이미지를 개별적인 인스턴스를 나타내는 세그먼트로 분할하는 작업입니다. 이는 많은 생물의학 연구에서 기본 단계이며 이미지 기반 세포 연구의 초석으로 간주됩니다. 세그먼트 형태는 생리학적 상태를 나타내는 지표이며 잘 분할된 이미지는 생물학적으로 관련된 형태학적 정보를 캡처할 수 있습니다.

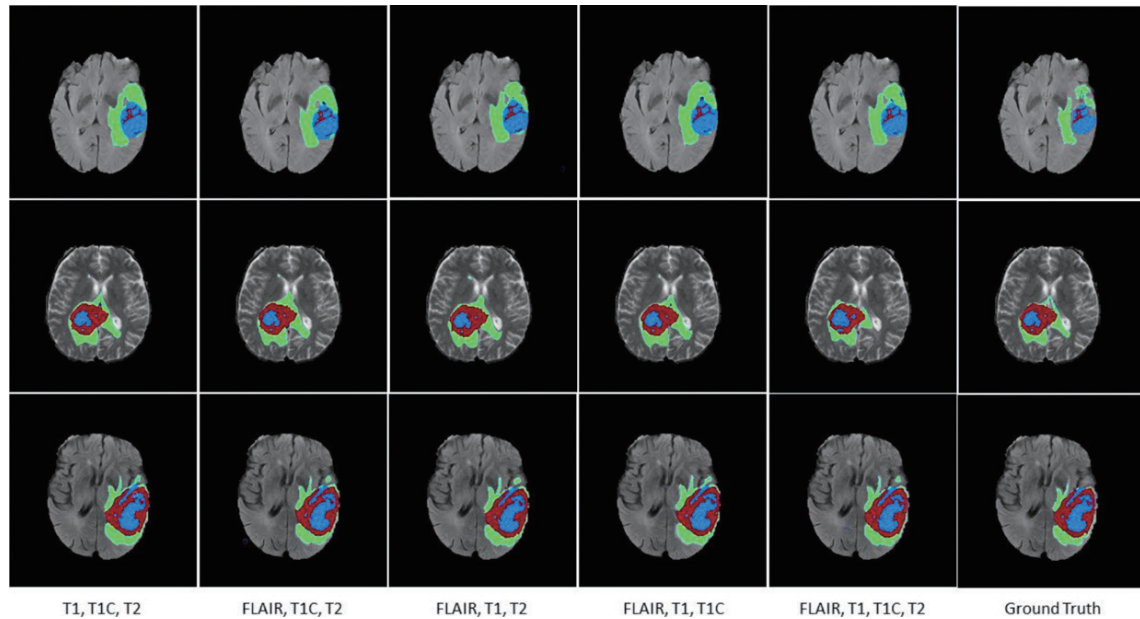


그림 4 . Brain tumor segmentation 결과 예시

- 의료 영상 작업의 경우 다중 모드 이미지 데이터 세트를 보유하는 것이 일반적입니다. 이는 전문가들은 질병을 진단하기 위해 여러 의료 기기를 사용하는 것을 선호하기 때문입니다. 각 장치는 다른 측면을 보여줄 수 있습니다.
- 우리의 경우 자기공명영상(MRI) 뇌종양 세분화입니다. 이러한 의료 영상 작업에서 연구자들은 기능을 위한 네트워크에 대한 입력으로 모든 양식을 결합하는 경향이 있습니다. 이는 다른 양식 간의 복잡성을 무시합니다. 이에 본 연구에서는 다음과 같은 다중 모드 융합 네트워크를 제안합니다.

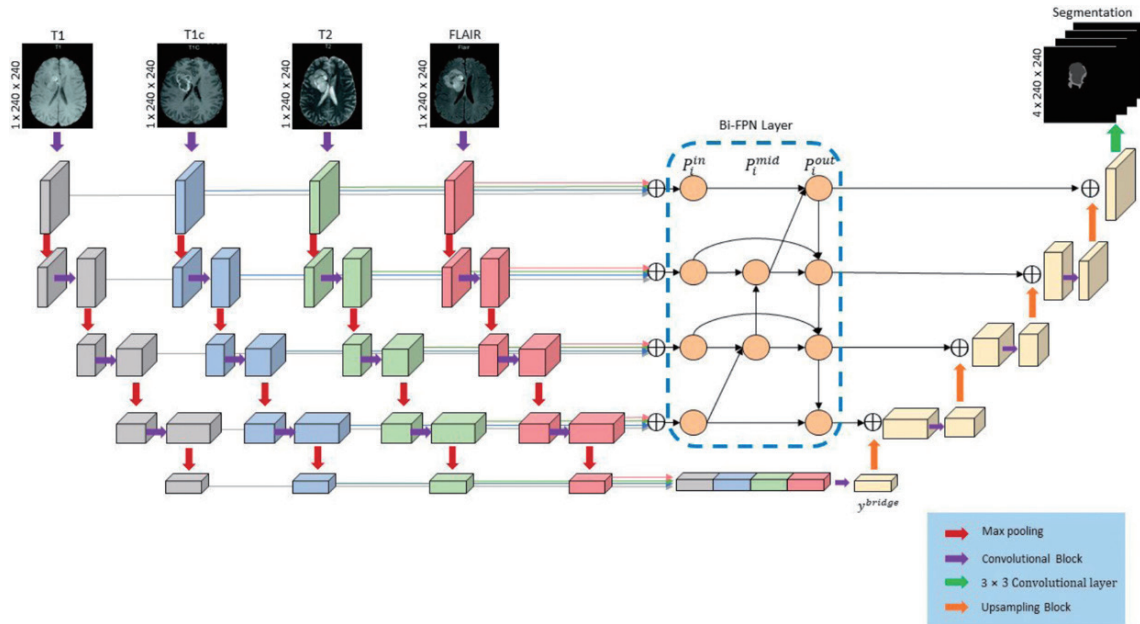


그림 5 . MM-BiFPN 기반 학습 네트워크 개요도

- 개별 인코더를 사용하여 MM-BiFPN(양방향 특징 피라미드 네트워크)의 특징을 추출합니다. 이후 4가지 양식 (FLAIR, T1 가중, T1-c 및 T2 가중)을 각각 사용하여 양식 간의 복잡한 관계, 또한 양방향 기능 피라미드 네트워크를 사용하여 (Bi-FPN) 레이어, 교차 양식 관계를 연구하기 위해 여러 양식의 집계에 중점을 둡니다.
- 다양한 규모의 양식 융합 네트워크를 사용한 모델 및 다양한 양식 설정에 대한 연구한 결과, 각 양식이 종양 내용을 감지하는 데 미치는 영향을 확인합니다. 우리의 방법은 뇌종양 세분화에 강력하다는 것을 보여주는 비슷한 결과를 얻습니다.

○ 참고문헌(Reference)

- [1] Hyun-Gyu Lee and Sang-Chul Lee, "Cell segmentation for quantitative analysis of anodized TiO2 foil", in IEEE Transactions on Industrial Informatics, 15(5), pp. 2828-2837, IEEE, 2019.
- [2] Ju-Hyeon Nam and Sang-Chul Lee, "Frequency Filtering for Data Augmentation in X-ray Image Classification", in IEEE proceedings on International Conference on Image Processing (ICIP2021), Alaska, USA, 2021
- [3] A-Rom Gu, Ju-Hyeon Nam, Sang-Chul Lee, " FBI-Net : Frequency-Based Image Forgery Localization via Multi-Task Learning with Self-Attention," in IEEE Access, vol. 10, 2022.
- [4] Nur Suriza Syazwany, Ju-Hyeon Nam and Sang-Chul Lee, " MM-BiFPN: Multi-Modality Fusion Network with Bi-FPN for MRI Brain Tumor Segmentation," in IEEE Access, 2021.