

# TransUNet 기반의 구름 유동 예측

최창우, 홍윤영, 신영재, 김호원\*

부산대학교

changwoo@islab.re.kr, yoonyoung@islab.re.kr, yeongjae@islab.re.kr

\*howonkim@gmail.com

## Cloud Flow Prediction based on TransUNet

Choi Chang Woo, Hong Yoon Young, Shin Yeong Jae, Kim Ho Won\*

Pusan National University

### 요약

구름의 움직임을 예측하는 것은 홍수, 가뭄, 한파, 열파와 같은 사람들 삶에 큰 영향을 끼치는 부분뿐만 아니라 태양에너지를 얼마나 재사용할 수 있는지 예측하는 등, 여러 측면에서 중요한 영역이라 할 수 있다. 하지만, 구름의 변동성은 예측 불허하기 때문에 적은 연산량과 비용을 가지고 구름의 유동을 예측하는 것은 기후 예측 연구에 있어서 큰 어려움이 되고 있다. 따라서 본 논문에서는 CV(Computer Vision) 분야에서 활용되고 있는 딥러닝 모델 TransUNet을 기반으로 하여, 구름의 유동을 예측하고자 한다. 입력된 이미지에 대하여 2시간 이후의 구름의 유동을 예측하는데, 구름의 질은 정도에 따른 오차가 존재하지만 구름 유동의 전체적인 움직임의 경향성은 정확하게 예측하였고, 측정 지표(MAE, MSE, SSIM)에 대해서도 유의미한 결과를 얻었다.

### I. 서론

AI(Artificial Intelligence) 기술이 발전함에 따라 사회 전반적인 모든 분야에서 인공지능을 적용하려는 사례가 늘어나고 있다. 그중 하나는 기후 예측 분야이다. 올바른 기후 예측을 하기 위해서는 구름의 유동 흐름을 예측하는 것이 필요한데, 구름은 대기의 불안정, 수증기의 유입, 지역 간 기압의 차이 등 생성 요인이 제각각이고, 모양에 따른 분류도 여러 가지로 나눌 수 있기 때문에 기존 슈퍼컴퓨터를 이용한 구름의 유동 예측은 한계가 있다. 구름 유동을 예측하는 것이 기후 예측의 복병으로 작용하는 만큼 구름의 변동성은 예측불허하여 비교적 적은 연산량과 적은 비용을 가지고 상대적으로 높은 정확도를 도출하는 데 큰 어려움이 되고 있다.

구름의 움직임을 예측하는 것은 홍수, 가뭄, 한파, 열파와 같은 사람들 삶에 영향을 끼치는 부분뿐만 아니라 태양에너지를 얼마나 재사용할 수 있는지 예측하는 등, 여러 측면에서 중요한 영역이라 할 수 있다. 따라서 구름의 위치가 주어진 지리적 영역에서 어떻게 변화하는지 많은 연구가 진행되어왔다. [1]에서는 인공지능경망 모델을 이용하여 인공위성 사진으로부터 구름의 유동을 예측하였다. 연속적인 인공위성 이미지로부터 구름의 모형을 지형과 분리해 구분하고, 프레임 내의 이미지 픽셀 간의 움직임을 기술하는 motion vector를 생성한다. 생성된 motion vector는 neural network의 훈련용 데이터로 사용된다. 사용된 neural network는 일련의 motion vector로부터 미래 motion을 예측하도록 학습된다. [2]에서는 기존의 cloud-motion prediction이 block matching과 feature의 linear extrapolation을 기반으로 하기 때문에 변형과 같은 비정상 과정과 예측영역의 경계조건을 크게 무시하는 경향이 있다고 주장하면서, 구름 움직임의 예측을 시공간적 시퀀스 예측 문제로 간주하고, 이에 대한 end-to-end deep-learning model을 구축했다. 해당 논문에서 입력과 출력 모두 시공간적인 시퀀스 형태를 가지고 있으며, GRU(Gated Recurrent Unit) - RCN(Recurrent Convolutional Network)을 기반으로 하며, 시공간 기능

을 처리하기 위한 convolution 구조를 가지고 있다.

본 논문에서는 구름의 유동을 예측하는 솔루션으로써 최신 딥러닝 기술을 적용하고자 한다. [2] 연구에서 주장하듯 기존의 cloud motion prediction과 같은 제약이 많은 형태를 벗어나, end-to-end 구조의 deep-learning model을 구축하여 시간 및 비용 측면에서 효율적으로 구름 유동을 예측하고자 한다.

### II. 본론

#### 2.1 모델 구성

구름 유동 예측 모델을 구현하기 위하여 TransUNet 기반으로 모델을 구성하였다. TransUNet은 Vision 분야에서 사용되는 Transformer 기반의 모델인 ViT(Vision Transformer)와 Fully-Convolutional Network 기반의 UNet 구조를 결합한 형태으로써 multi-organ CT segmentation에서 SOTA(State-of-the-arts) 성능을 달성한 모델이다. CNN 기반의 접근 방식은 일반적으로 Convolution 연산의 본질적인 locality(지역성)로 인해, 멀리 떨어진 픽셀 간의 관계성은 파악하지 못하는 단점을 지녔다. 그와 반대로 Transformer는 Attention 연산을 통하여 멀리 떨어진 픽셀 간의 관계성을 잘 파악하지만, 이미지의 디테일한 정보를 획득하지 못하는 단점이 있다. 따라서 TransUNet에서는 CNN으로부터 상세한 고해상도의 공간정보를 얻고, Transformer로부터 인코딩된 전역 context vector를 모두 활용함으로써 Image segmentation에서 좋은 성능을 나타내었다. 본 논문에서는 해당 TransUNet 모델을 기반으로 구름의 유동 예측을 수행하고자 한다. 구성된 모델 구조는 그림1과 같다. 구조는 UNet 형태를 따라 Contracting path와 Expanding path로 구성된다. Transformer layer는 총 12개를 쌓았으며, 각 layer는 Layer Normalization, Multi Head Attention, Residual Connection, MLP로 구성된다. 여기서 Layer

Normalization은 데이터를 배치 별로 정규화하여 보다 빠른 시간안에 global minima를 찾도록 하는 역할을 하고, Multi Head Attention은 Attention 연산을 병렬적으로 수행하여 데이터 간의 유사도를 보다 정확하게 구하는 역할을 하며, Residual Connection은 레이어가 깊어질 때 오히려 성능이 저하되는 것을 막아주고 복잡도와 성능을 개선 시켜준다. 또한, MLP는 데이터에 적용되는 서로 다른 가중치 값들을 학습시켜주는 역할을 한다.

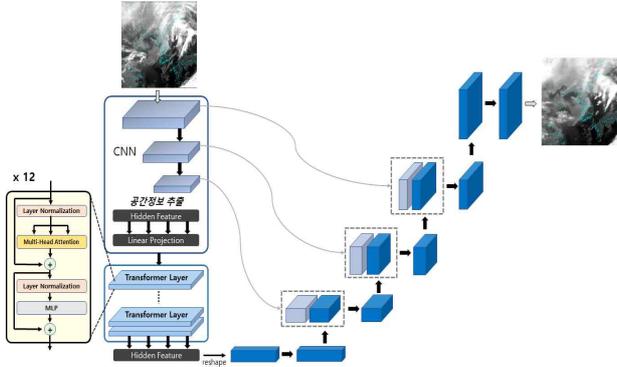


그림 1 TransUNet 기반의 구름 이동예측 모델 Architecture

## 2.2 실험

TransUNet 기반의 구름 이동 예측 모델 실험을 위하여 본 논문에서는 국내 기상청 자료 포털에서 제공해주는 공개 데이터를 사용하였다. 해당 데이터는 천리안 위성 2A호에 의해 2022년 02월 01일부터 2022년 03월 01일 까지 한반도 영역을 중심으로 관측되었던 적외 8.7 이미지로 구성되어 있다. 29일간의 위성 이미지가 2분 간격으로 제공되었기 때문에, 20880 개의 이미지 데이터를 사용할 수 있었다. 하지만 이미지 데이터가 용량이 큰 관계로 학습할 때 메모리 부족 문제를 겪었기 때문에 이미지 size는 (200, 200)으로 구성하였고 10분 간격으로 데이터를 인덱싱하여 총 4173 개의 이미지 데이터만을 사용하였다. 2시간 이후 구름 이동의 모습을 예측하기 위하여, 레이블데이터는 입력데이터로부터 2시간 이후의 이미지를 사용하였다. 학습데이터와 검증데이터의 비율은 0.8:0.2로 학습데이터는 3330개, 검증데이터는 833개로 구성하였다. 또한, 테스트를 위하여 매시간 16분/26분/36분에서의 위성 이미지 총 2082개를 테스트데이터로 사용하였다.

학습 과정은 다음과 같다. 그림1에서 입력되는 위성 이미지에 대하여 CNN의 Convolution 연산을 통해 고해상도의 공간정보를 얻고, Transformer layer로 넘겨준다. 순차적으로 Transformer layer를 통과하며, 마지막 12번째 Transformer layer를 통과한 결과값 Hidden feature는 reshape 되어 복원과정을 거치게 된다. 복원과정에서 좀 더 정확한 localization을 위하여 CNN에서 구해졌던 feature information을 동일한 크기로 붙여주는 Skip connection 과정을 수행하여 최종 이미지를 도출한다.

## 2.3 결과

그림2는 테스트데이터에 대한 예측 및 레이블 결과 일부분을 나타낸다. 좌측 1열은 예측 이미지를, 중간 2열은 레이블 이미지를, 마지막 3열은 두 이미지 간의 MAE Loss 값을 나타낸다. 결과값을 비교해보면 구름의 질은 정도에서 약간의 오차가 존재하지만, 전체적인 움직임의 경향성은 옳은 방향으로 추론한 것을 확인할 수 있다.

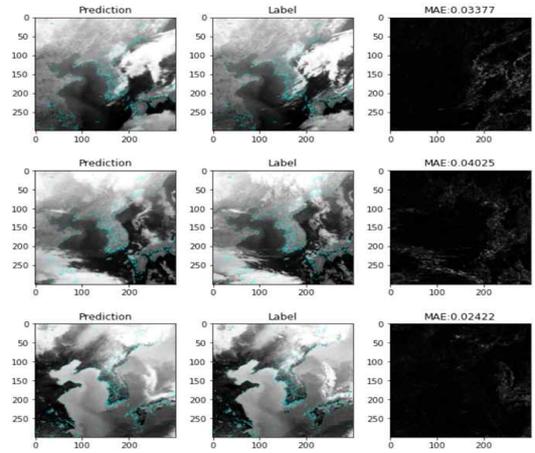


그림 2 테스트 결과

표1은 테스트데이터 입력으로부터 얻어진 예측값과 레이블데이터에 대한 지표에 따른 결과값을 나타낸다. MAE 값은 0.041, MSE 값은 0.0051로 작은 Loss 값을 얻었다. 추가적으로 SSIM(Structural similarity index measure) 값을 측정하였는데 SSIM은 이미지의 휘도, 대비, 구조를 비교하여 두 이미지 간의 유사도를 측정하는 지표로서 [2]에서 측정지표로 사용하였기에 동일하게 사용하였다. 결과값은 평균 0.785로써 [2]에서 제시한 0.79와 유사한 결과값을 얻었다. 성능에 차이를 가져오는 것은 기상청에서 제공해주는 자료에는 0시40분~0시48분까지가 누락되어 있다는 점과, [2]에서 200일간의 데이터를 학습한 것에 비해 본 논문에서는 29일간의 데이터만을 학습데이터로 사용했다는 점에서 차이가 있다.

표 1 지표에 따른 측정 평균값

지표	측정값 (평균)
SSIM	0.785
MAE	0.041
MSE	0.0051

## III. 결론

본 논문에서는 TransUNet을 기반으로 하여, 위성 이미지를 입력으로 받아 2시간 뒤의 구름 이동을 예측하는 모델을 제시하였다. 구름의 질은 정도에서 약간의 오차가 존재하지만, 구름 이동의 전체적인 움직임의 경향성은 정확하게 예측하였고, 측정지표 세 가지에 대해서도 유의미한 결과를 얻었다. 이는 기상 현상에 관한 중요한 정보를 제공해주는 구름이라는 대상에 대한 향후 연구 가능성을 제시할 것이라 생각한다.

## ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (IITP-2022-0-01201)

## 참 고 문 헌

- [1] Penteliuc, Marius, and Marc Frincu. "Prediction of cloud movement from satellite images using neural networks." 2019 21st International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing (SYNASC). IEEE, 2019.
- [2] Su, Xinyue, et al. "Prediction of short-time cloud motion using a deep-learning model." Atmosphere 11.11 (2020): 1151.
- [3] Chen, Jieneng, et al. "Transunet: Transformers make strong encoders for medical image segmentation." arXiv preprint arXiv:2102.04306 (2021).