



Predicting Aircraft Trajectories: A Deep Generative Convolutional Recurrent Neural Networks Approach

🕒 작성일시	@2022년 8월 20일 오후 5:36
🕒 최종 편집일시	@2022년 8월 20일 오후 6:15
📌 상태	진행 중
👤 작성자	
👤 최종 편집자	

1. Introduction (작성자 : 김동연)
2. Related work(작성자: 정예준)
3. Preliminaries(작성자: 김석진)
4. Feature Engineering(작성자: 김동연)
5. Module design
 5. 1. Architecture(작성자: 김석진)
 5. 2. Inference Process(작성자: 정예준)
 5. 3.Implementation Details(작성자: 김동연)
6. Experimental Results(작성자: 정예준)

1. Introduction (작성자 : 김동연)

몇몇 기관들이 항공기 경로 예측 시스템을 사용 중이다. 하지만 계산 복잡도 때문에 보관된 비행계획이나 과거 경로를 이용하는 결정론적 예측을 사용한다. 수요 예측에서 일정하지 않은, 불안정한 날씨같이 불확실한 정보를 거의 사용하지 않는 결정론적 예측은 불필요한 계획을 만들어낼 수 있다. TBO(Trajectory Based Operations)는 정확한 비행경로 예측, 계획 도구를 요구한다. 비행경로는 4D로 이루어져 있다. 이 논문에서는 4D 경로를 예측하는 방법

을 제시할 것이다.

미래 비행경로는 실현된 경로, 보관된 비행계획(2D sequence), 부근의 날씨와 연관된 4D 좌표의 sequence로 구성된다. 따라서 이 과제는 sequence to sequence 학습 문제다. 입력 sequence는 비행계획이고, 출력 sequence는 실제 비행경로다. 이 문제 해결을 위해 encoder-decoder RNN 구조를 사용한다. encoder는 비행계획을 통해 학습하고 decoder는 날씨 정보를 통합한 뒤, 삽입된 비행계획을 4D 경로로 귀납적으로 번역한다. 날씨의 영향을 모델링하기 위해 batch mode와 recursive mode 둘 다 사용 가능한 tree-based 매칭 알고리즘을 적용한다. 그리고 convolutional 층을 decoder 네트워크 파이프라인으로 통합해 날씨의 특징을 추출한다.

- encoder-decoder RNN을 4D 비행경로 예측에 최초로 사용
- 비행경로에 영향을 주는 많은 요소를 통합하여 생성모델 제시
- 학습, 추측 파이프라인 제공

2. Related work(작성자: 정예준)

Aircraft trajectory prediction approach는 Deterministic, Probabilistic 두개의 카테고리로 나뉜다

1. Deterministic : 기체역학적 모델을 이용해 aircraft의 현재 state를 추정하고 Kalman filter 등을 이용해 미래의 state를 구해냄. 역학 식들을 많이 이용하지만 불확실성을 고려하지 않음(ex. 바람 등 날씨, 파일럿의 control action 등)
2. Probabilistic : 기체역학보다 통계적 모델에 의존함. 과거 경로 데이터셋을 주로 이용
 - a. Probabilistic 관련 논문들
 - i. A.de Leege "A machine learning approach to trajectory prediction" : Generalized Linear Model(GLM) 을 이용해 aircraft trajectories 를 예측한다. 하지만 논문에서는 4D trajectory가 아닌 도착 시간과 특정 포인트들(ex. 경유지, 목적지)만 예측한다.
 - ii. Choi and Herbert "Learning and predicting moving object trajectory" : Markov model을 이용해 과거 movement 를 통해 미래 motion 을 예측한다. 하지만 논문에서는 물체의경로를 실제 좌표들로 나타낸 것이 아니라 짧은 segment 의 연속으로 나타낸다.

iii. Ayhan and Sament "Aircraft Trajectory Prediction"을 예측하도록 적용한다.

Made easy with Predictive Analytics":Choi and Herbert의 논문을 확장시켜 실제 4D coordinates를 예측하도록 적용한다.

Hidden Markov Model 를 이용해 날씨까지 반영한다. 하지만 세가지 문제점이 있는데,

1. 첫째로, 4D coordinate 가 들어갈 hidden state가 정해져 있다. 즉 예측한 track point 는 과거의 track points 중 하나로 나올 수 밖에 없다.
2. 둘째로, 모든 track point에서 날씨 조건만 고려되고 있는데, 실제로는 파일럿의 action이 더 크게 고려되어야 한다.
3. 마지막으로, 날씨 데이터를 clustering 한 result 의 질에 따라 결과가 매우 갈린다.
Aircraft trajectories는 높은 범위로 명확한 시간적, 공간적 패턴을 가지고 있기 때문에 올바른 도구들을 이용한다면 예측 모델에 잘 이용될 수 있음.

Sequence modeling(연속적인 입력으로부터 연속적인 출력을 생성하는 모델) 중 가장 최첨단 모델이 RNN인데, 이를 변형한 LSTM 이 여러 분야(음성 인식, 이미지 캡셔닝, 등)에서 사용되면서 증명되고 있음

- LSTM 관련 논문들
 - Z.Lin "Deep generative models of urban mobility" : IO-HMM을 이용해 도시의 사람들의 활동을 연속된 영역으로 나타내고 LSTM으로 학습시킨다.
 - A.Alahi "Social Istm : Human trajectory prediction in crowded spaces" : 번잡한 곳에서 사람의 경로를 예측한다. 여러 개개인들의 trajectory를 LSTM network로 모델화한다. Pooling technique를 이용해 이 LSTM network들을 연결한다. 그 결과 단순한 가우시안 process linear 모델보다 좋은 성능을 보였다.

이러한 논문들에 영감을 받아 aircraft 4D trajectories 를 예측하는 encoder-decoder LSTM-based generative model을 개발함.

- 기존 접근과의 차이점 세가지

1. 과거의 정보로부터 공간, 시간적 패턴을 학습해 완전한 4D trajectory를 생성하는 생성 모델(Generative model)
2. 날씨 변수들로 생성된 고차원적인 지역적 특성을 이용함
3. 학습 데이터 셋에서 발견되지 않는 새로운 경로를 예측할 수 있음

3. Preliminaries(작성자: 김석진)

4. Feature Engineering(작성자: 김동연)

5. Module design

5. 1. Architecture(작성자: 김석진)

5. 2. Inference Process(작성자: 정예준)

5. 3. Implementation Details(작성자: 김동연)

6. Experimental Results(작성자: 정예준)