

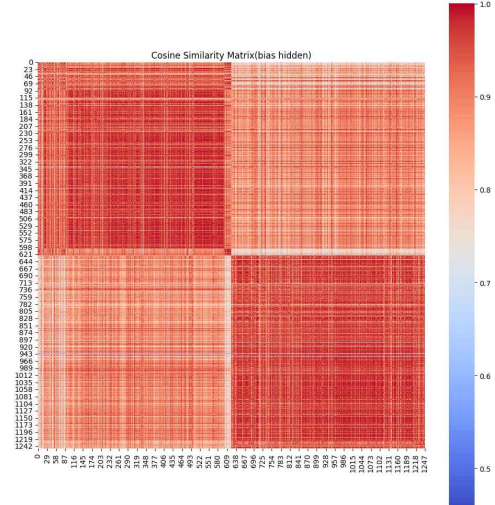
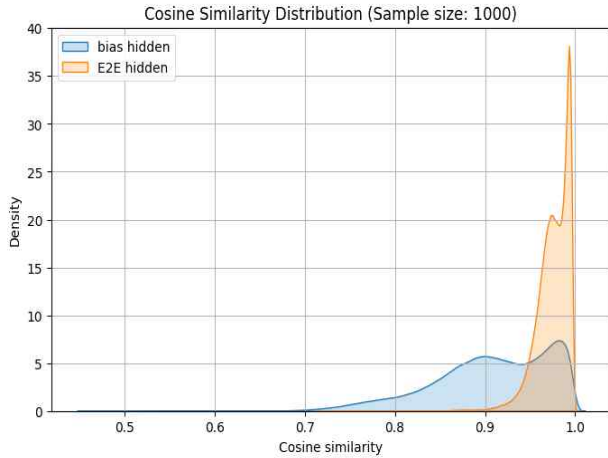
# [RISE사업단] 2025 kit Engineering Fair 판넬 자료 제작

※ 경진대회 참가 희망 여부 : 희망함 ( ) / 희망하지 않음 ( ○ )

작품명 (과제명)	MFC 기반 IMU 유효수명 예측 모니터링 프로그램 설계		
팀명	라이프내비	학부(과)명	컴퓨터공학과
지도교수	김태형	참여학생	김형석, 배진우, 박지호, 이상민, 유진하, 허준형
작품개요			
목적	<p>○ 무인기 탑재 IMU(Inertial Measurement Unit) 점검을 위한 예지보전의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생산 후 실제 사용되기까지 장기간 소요</li> <li>- 일정 시간 경과 후 실제 제품이 사용될 때 제조상의 문제 등으로 불량 발생 가능</li> <li>- 따라서 항법 드리프트 데이터에 최신 기법을 통해 분석한 후 향후 불량 가능성을 예측</li> </ul> <p>○ MFC(Microsoft Foundation Class Library) 프로그램 설계</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기업에서 사용하고 있는 SW 설계 도구로, 실제 데이터 분석에 활용할 수 있도록 설계</li> </ul>		
작품설명	<p>○ 무인기에서 관성항법시스템(INS: Inertial Navigation System)의 역할</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- IMU 센서 데이터에 항법 수식을 통해 속도나 자세를 얻음</li> <li>- 단거리 무인기의 경우 순수 INS에만 의존하므로 신뢰성 확보가 매우 중요</li> </ul> <div data-bbox="582 1133 1163 1467" data-label="Diagram"> </div> <p>○ 잔여유효수명(Remaining Useful Life, RUL) 정의</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 과제에서 항법은 Roll, Pitch, Yaw 회전각과 Vel. of North, East, Down으로 구성</li> <li>- 항법 시퀀스는 정지상태에서 F Hz, N 초 동안 측정되어 10,000개의 포인트를 생성</li> <li>- 이때, 항법 드리프트는 시퀀스에서 마지막 값과 첫 값을 빼어 계산</li> <li>- 불량 판별: 항법 축의 임계값 기준 초과시 불량 <math>\pm[\sigma_r, \sigma_p, \sigma_y, \sigma_m, \sigma_e, \sigma_d]</math></li> </ul> <div data-bbox="558 1697 1120 2049" data-label="Image"> </div>		

	<p>○ 베이지안 확률 모델 기반 추론 모델 설계</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 데이터의 한계 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 드리프트 변화를 분석하려면 한 IMU에 대해 여러 시점에서 점검이 수행되어야 함</li> <li>- 현재 보유하고 있는 다시점 데이터는 총 624개 → 수량 부족으로 딥러닝 모델 사용 불가</li> <li>- 확률적인 예측을 위해 베이지안 확률 모델을 이용해 설계</li> </ul> </li> <li>2. 예측 문제 정의 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다시점 데이터는 A시점, B시점 데이터로 구성되어 있음</li> <li>- A시점 항법 드리프트 및 추가 특징을 이용해 B시점 항법 드리프트를 확률적으로 예측</li> </ul> </li> <li>3. 모델 설계 <ol style="list-style-type: none"> <li>3-1. 베이지안 확률 모델 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 베이지안 모델은 데이터를 확률로 고려하고, 데이터의 사전분포를 정의할 수 있음</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>Mixture weights:</b></p> <p><b>Regression parameters:</b></p> <p><b>Noise scale:</b></p> <p><b>Component mean:</b></p> <p><b>Mixture mean:</b></p> <p><b>Mixture std:</b></p> <p><b>Observation model:</b></p> </div> <div style="width: 50%;"> <p><math>\pi \sim \text{Dirichlet}(\mathbf{1}_K)</math></p> <p><math>\mathbf{W}_k \sim \mathcal{N}(0, 0.3^2), \quad \mathbf{b}_k \sim \mathcal{N}(0, 2.0^2)</math></p> <p><math>\sigma_k \sim \text{HalfNormal}(0.01)</math></p> <p><math>\mu_{n,k} = \mathbf{x}_n^\top \mathbf{W}_k + \mathbf{b}_k</math></p> <p><math>\mu_n = \sum_{k=1}^K \pi_k \mu_{n,k}</math></p> <p><math>\sigma_n = \sum_{k=1}^K \pi_k \sigma_k</math></p> <p><math>\mathbf{y}_n \sim \mathcal{N}(\mu_n, \text{diag}(\sigma_n^2))</math></p> </div> </div> <p>(K: Gaussian mixture 성분 수, n: 샘플 수, k: 특징 차원 수)</p> </li> <li>3-2. 추가 특징 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전체 데이터를 사용해 센서 → 항법 시퀀스 예측 딥러닝 모델 학습 및 잠재벡터 추출 RMSE: 0.1044, 잠재벡터 shape: (N, 128)</li> <li>- 각속도 시퀀스 → 바이어스 예측 딥러닝 모델 학습 및 잠재벡터 추출 RMSE: 0.0007, 잠재벡터 shape: (N, 64)</li> <li>- 추출한 잠재벡터로 각각 코사인 유사도(N, N)를 계산하고, 임계값(0.8)을 넘는 IMU 데이터만 훈련 데이터로 사용</li> </ul> <p>&lt;훈련 데이터에서 사용한 특징 정보&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 특징1) 임계값을 넘는 유사도의 평균</li> <li>- 특징2) 센서 바이어스, 평균</li> <li>- 특징3) A시점의 항법 드리프트, 날짜 정보</li> <li>- 특징4) A시점과 B시점의 날짜 차이</li> </ul> </li> <li>4. 추론 방식 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시험용 IMU → 유사도 임계값을 넘는 훈련 데이터 수집 → 베이지안 모델 추정 → B시점의 항법 드리프트 예측 분포 획득</li> </ul> </li> <li>5. RUL 계산 <ul style="list-style-type: none"> <li>- A시점 훈련데이터 및 B시점 예측 평균, 분산에 선형 회귀 적용</li> <li>- 회귀선이 불량 임계값이 넘는 시점을 RUL=0이 되는 시점이라고 가정</li> <li>- 시험용 IMU의 RUL = (RUL=0시점 - A시점)</li> <li>- 각 항법 축에서 가장 작은 RUL의 평균 및 분산을 가지고 예측 오차범위 계산</li> </ul> </li> </ol> </li> </ol>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실효성 있는 잔여유효수명(RUL) 예측 모델 개발</li> <li>- 무인기 탑재 IMU의 고장 진단 및 예측 알고리즘으로 활용</li> <li>- 국산 MEMS IMU 제품의 예지보전 기술 적용으로 품질 향상 기여</li> </ul>

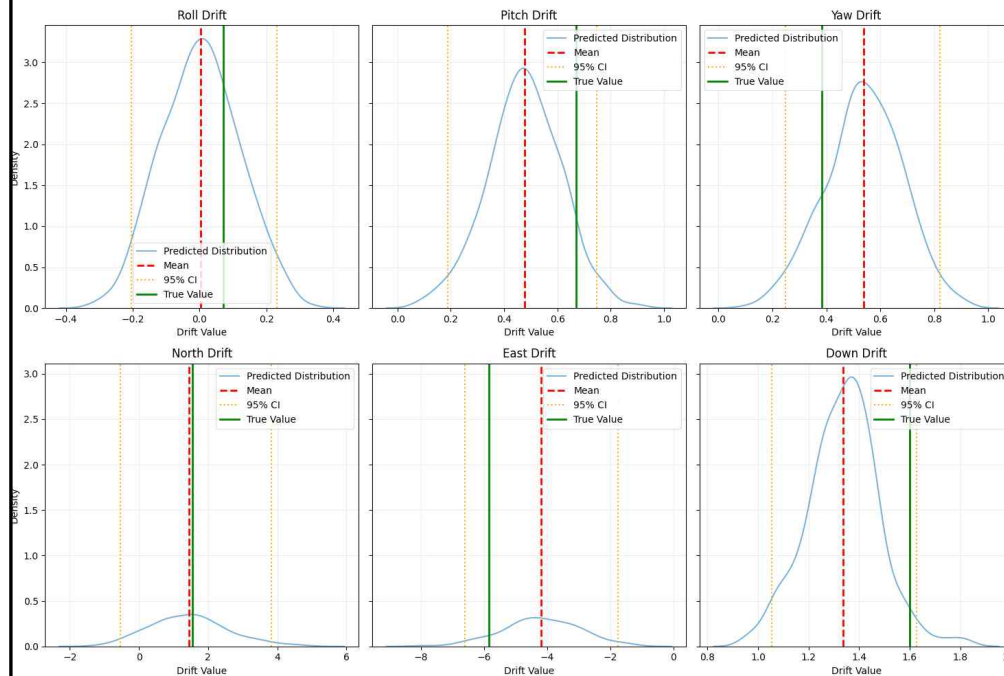
## 작품사진



<잠재벡터의 코사인 유사도 분포>

<잠재벡터(bias)의 코사인 유사도 히트맵>

← <B시점 베이지안 확률 모델 추론 결과>



↓ <RUL 예측 결과>  
RUL (95% CI):  
163.2 ± 23.3 Month

