

---

# UAM 회랑 평가를 위한 표준 및 규정 반영 소음 예측 모델 프레임워크 개요

Overview of Noise Prediction Model Framework  
based on Standards and Regulations for UAM Corridor Evaluation

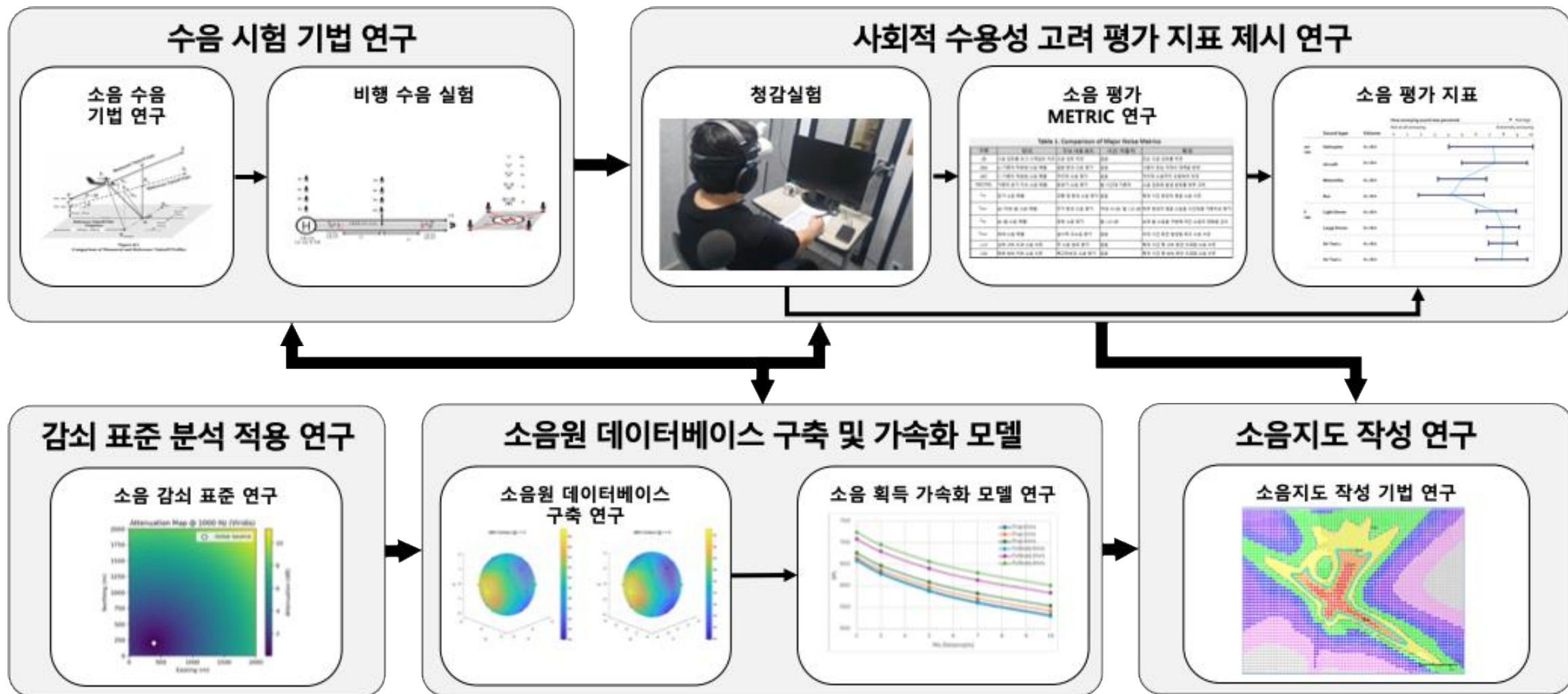
---

류세아\*, 최다희, 권준엽, 이시호, 김승빈, 탁호영, 김상호

건국대학교

<b>1</b>	<b>개 요</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>연구 목적 및 방법</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>항공 소음 관련 표준 및 법규 분석</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>UAM 소음 예측 프레임워크</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>결 론</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>후기 및 참고문헌</b>	<b>13</b>

## UAM 환경 소음 예측 및 평가 운영 개념



## 연구 목적

- 도심항공교통(UAM)의 도입 및 운용에 따른 지상 소음의 평가와 예측 기법 개발 필요
- 기존 법규, 표준, 기법과 교차 검증 및 평가 가능한 UAM 소음 평가 기법 제시

## 연구 목표

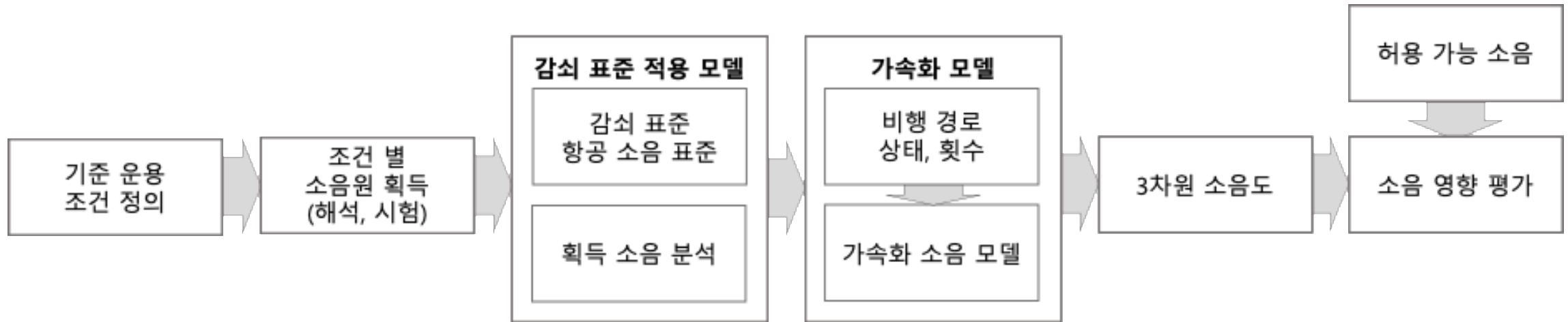
- 허용가능한 UAM 소음 수준 및 소음 감쇠 표준 적용 UAM 소음 예측 기술 개발
- FAA, ICAO, EASA 등 통용되는 방법론 및 기준에 따른 소음 예측 모델 개발
- 기체 정보와 비행 임무, 이격 거리 및 감쇠 영향을 반영한 소음 레벨 예측 모델 개발
- 청감 실험 및 항공법/인증기준을 적용한 소음 평가지표 도출 및 각 소음 평가 기준(SPL, Leq, Lmax, Lden 및 반복효과 등 적용)별 지표 레벨에 대한 소음 영향도 시각화
- 평가지표 및 예측모델을 결합하여 UAM 소음 평가 모델 개발 및 검증

## 항공 소음 관련 표준 및 법규

Category	Organization	Titles
Standard	ISO	ISO 1996 - Acoustics —Description, measurement and assessment of environmental noise
		ISO 9613 - Acoustics —Attenuation of sound during propagation outdoors
	SAE	SAE-AIR-1845A - Procedure for the Calculation of Airplane Noise in the Vicinity of Airports
		SAE-ARP-866A - Standard value of atmospheric absorption as a function of temperature and humidity
		SAE-ARP-5534 - Application of Pure-Tone Atmospheric Absorption Losses to One-Third Octave-Band Data
Certification	MOLIT	KAS Part 36 항공기 소음기준
	FAA	FAA 14 CFR Part 36 Noise Standards: Aircraft Type and Airworthiness Certification
Regulation	MOLIT	국토교통부 고시 제2022-354호, 공항소음 관리 및 피해지원 등에 관한 기준
Workbook	ICAO	ICAO Circular 205 - Recommended Method for Computing Noise Contours Around Airports
		ICAO Doc 9911 - Recommended method for computing noise contours around airports
	ECAC	ECAC Doc 29 - Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports

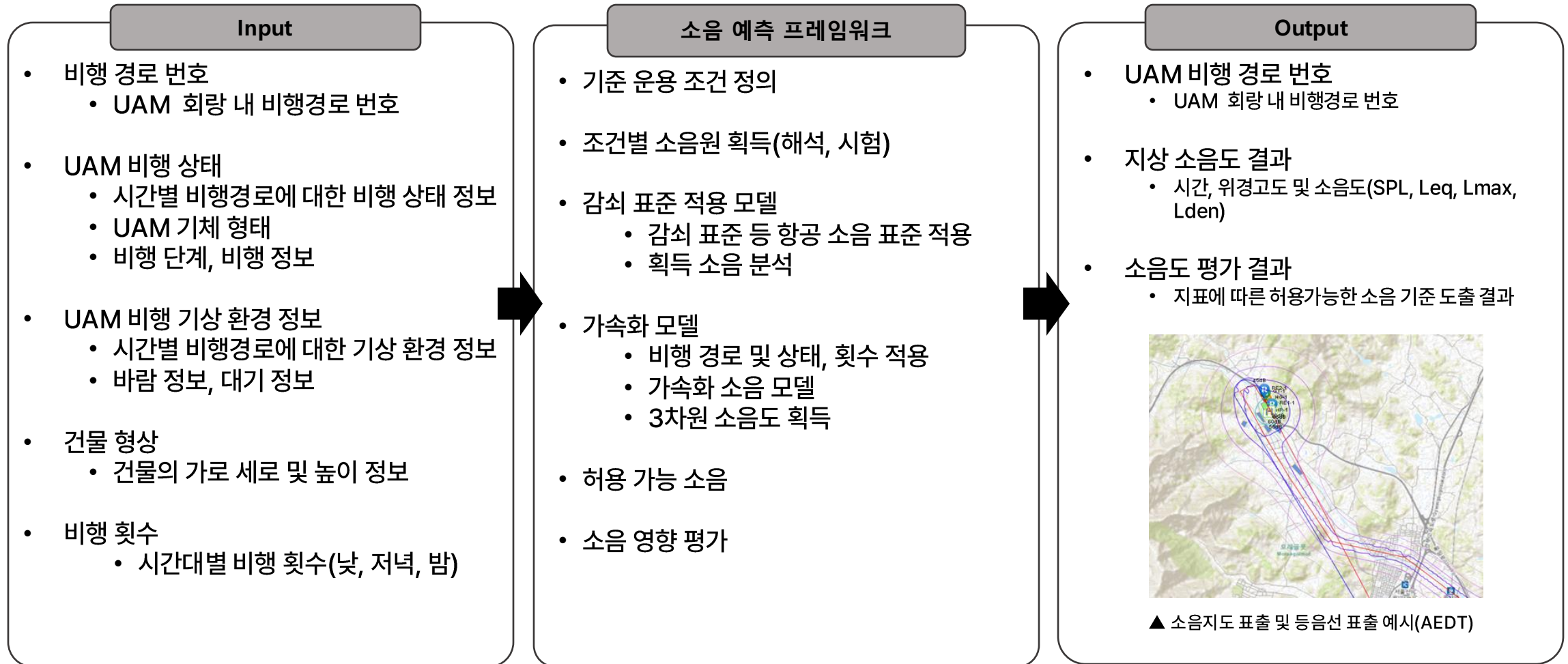
- UAM 등 전기추진 기반 신비행체 직접 적용 가능 표준 및 인증 부재
- FAA AEDT 등 기존 표준 준용 해석도구를 이용, UAM 소음예측 사례 존재
- 기존 소음측정, 인증, 도시 표준을 준용하나, UAM에 적용 가능한 기법 개발 필요

## 소음 예측 및 평가 해석 프로세스 개요



- FAA AEDT, EASA NORAH 등 기존 해석도구 분석을 통한 프로세스 정립
- 데이터베이스 구축 후 가속화 소음 모델을 통한 예측 및 평가 시간 단축

## 소음 예측 및 평가 해석 프로세스 개요



## 기준 운용 조건 정의

### UAM 미션 프로파일 분석

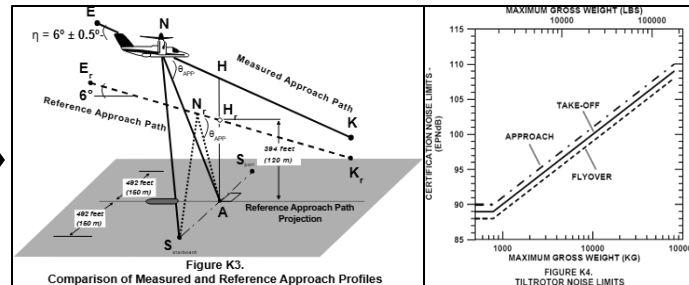
- UAM ConOps 공통적인 미션 프로파일
  - 비행 준비 단계(Pre-Flight Phase)
  - 비행 중 단계(In-Flight)
    - 출발 단계(Departure Phase)
    - 경로 비행(En Route)
    - 착륙 접근 단계(Approach Phase)
  - 비행 후 단계(Post-Flight Phase)

#### ▼ UAM ComOps의 미션 프로파일

UAM ConOps	FAA	EASA
		1. Pre-Flight
		2. Flight
Mission Profile	1. Planning Phase	1. Taxi Out Phase
	2. In-Flight Phase	2. Departure Phase
	1. Departure Phase	3. En-Route Phase
	2. En Route Phase	4. Approach Phase
	3. Arrival Phase	5. Landing Phase
	3. Post-Operations Phase	6. Taxi in Phase
		3. Post-Flight

### 항공기 소음 인증 및 환경 소음 측정 방법 분석

- 항공기 인증 소음 측정 방법
  - ICAO, ICAO Annex 16 Volume I
  - FAA, FAR 14 CFR Part 36



#### ▲ FAR 14 CFR Part 36 Appendix K 중 접근 측정 예시 및 틸트로터 소음 제한

- 항공기 환경 소음 측정 방법
  - 『소음·진동 공정시험기준』 중 『항공기소음관리기준 측정방법(ES 03304.4a)』
- 기존 표준 소음 측정 방법
  - ISO 3744 등 소음 측정 연관 표준

### UAM 지상 소음 측정 실험 시나리오 수립

- 출발 단계(Departure Phase)
  - 상승(Climb)
  - 수직 상승(Vertical Climb)
- 접근 단계(Approach Phase)
  - 하강(Descent)
  - 수직 하강(Vertical Descent)
- 순항 단계(Cruise Phase)
  - 수평 비행(Flyover)
- 정지 비행(Hovering)

#### ▼ 멀티컴퓨터 소음 측정 Test Matrix 요약

Mission Segment	Flight Altitude (case)	Flight Speed (case)	Flight Angle (case)	Mic Distance (case)	Repetition (case)
Hover	7	-	-	6	10
Flyover	5	4	-	5	10
Climb	-	3	9	5	10
Descent	-	3	9	5	10



## 조건별 소음원 획득

## 수음 실험을 통한 소음원 획득

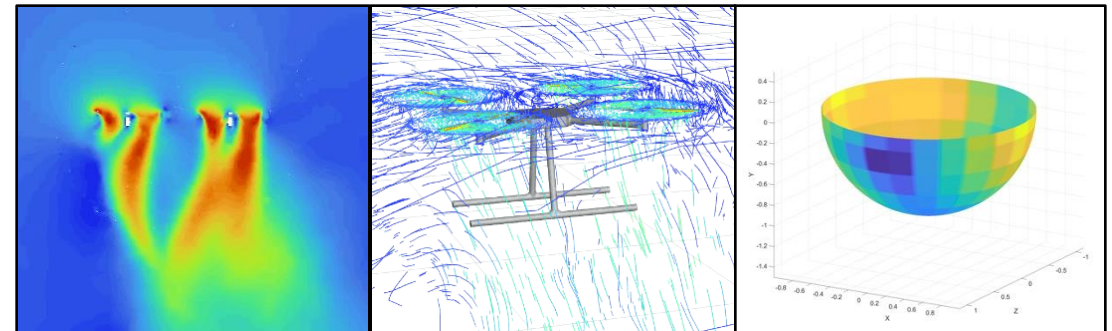
- 선정된 소음 측정 시나리오에 맞는 수음 실험 진행
  - 멀티콥터형 UAV를 사용하여 실험
  - 변수 선정
    - 미션 (호버링, 수평 비행, 수직 이동 등)
    - 비행 고도
    - 비행 속도
    - 비행 각도(상승각, 하강각 등)
    - 마이크 수
    - 반복 횟수



▲ (좌) 실험 세팅 사진, (우) 호버링 수음 실험 마이크 배치안

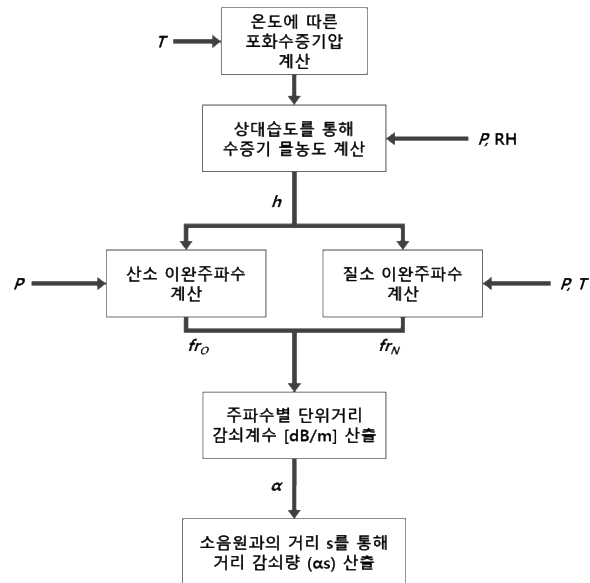
## 전산 해석을 통한 소음원 획득

- 소음반구 도출
  - NORAH(EASA) 및 국내외 소음반구 획득 프로세스
    - 전산해석 상 반구 직접모사(수음원 직접배치)와 역전파 후 반구 재계산 모델(시험 기반 모델) 비교분석을 위한 프로세스 구축
  - 상용 프로그램(FAA AEDT)과 비교
    - AEDT의 경우 거리에 따른 소음을 사용하여 공항 주변 환경에 대한  $L_{den}$  등 값 산출
    - 소음 반구 모델로 구축한 소음데이터와 비교 검증

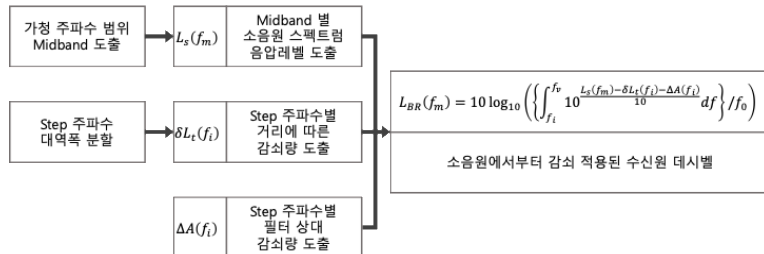


▲ 소음 반구 및 해석 예시

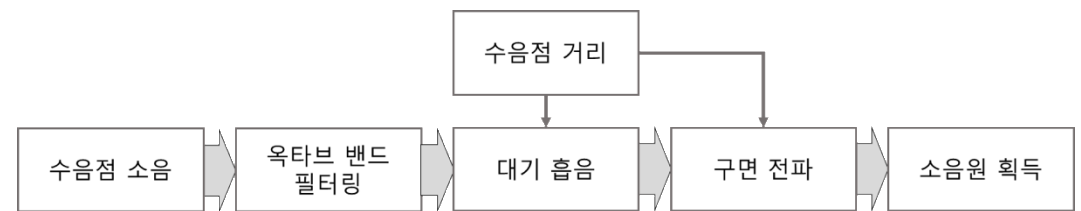
## 획득 소음 분석 및 감쇠 표준 적용 예측 모델



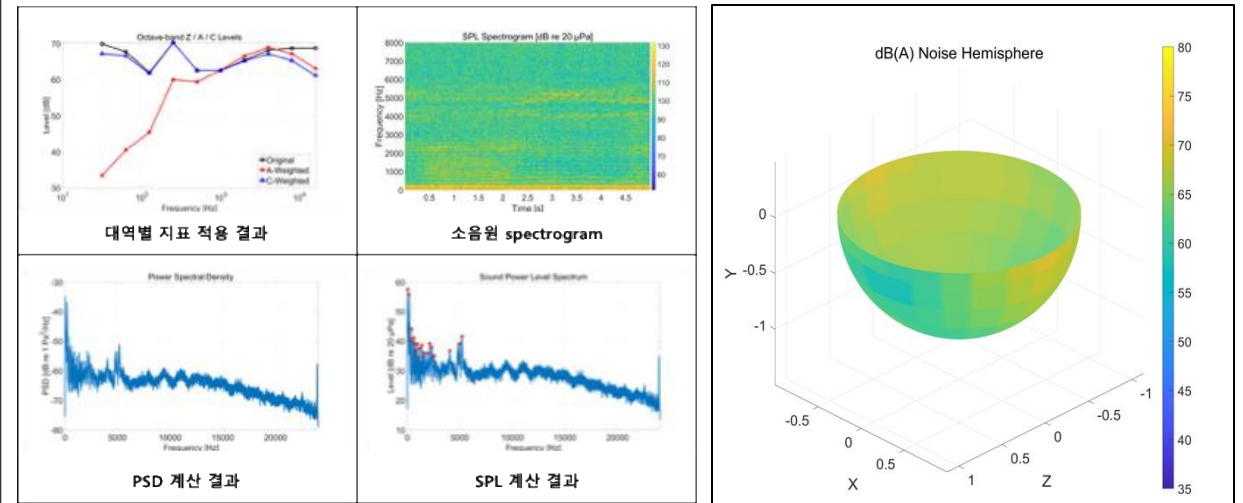
▲ 단일 주파수 대기 감쇠 모델 흐름도



▲ 주파수 대역별 감쇠 적용 및 합성



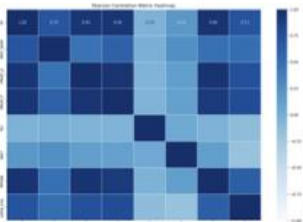
▲ 소음원 획득 흐름도



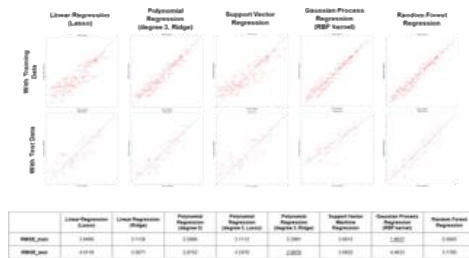
▲ 소음반구 및 주파수 특성 분석

## 가속화 모델

- 소음원 예측 가속화
  - 구축된 데이터베이스를 기반으로 한 regression 모델 구축
- 3차원 소음도 예측 가속화
  - 가시화 정보 표출을 위한 감쇠, 재전파 등 가속화 모델
  - 표준/인증/법규를 기반으로 한 데이터베이스 기반 regression 모델 구축

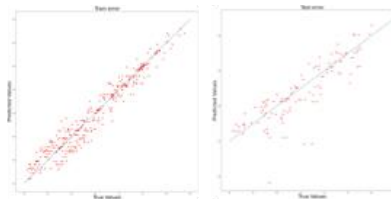


변수 분석 및 변수 선정



비교 연구

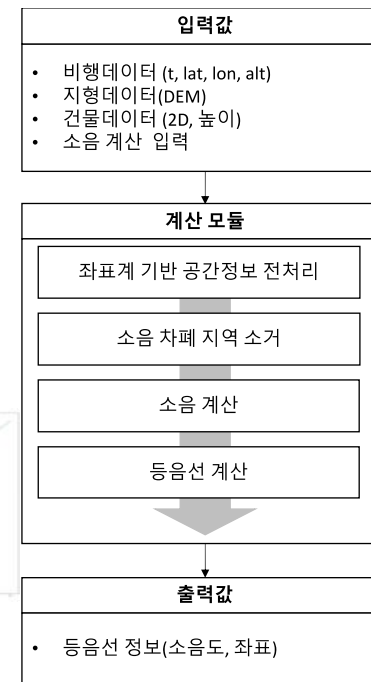
▲ 소음 예측 모델 연구 예시



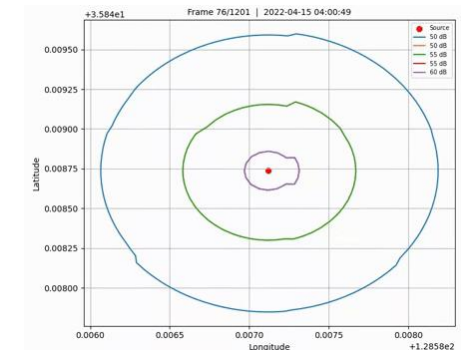
최적 모델 도출

## 소음도 표출

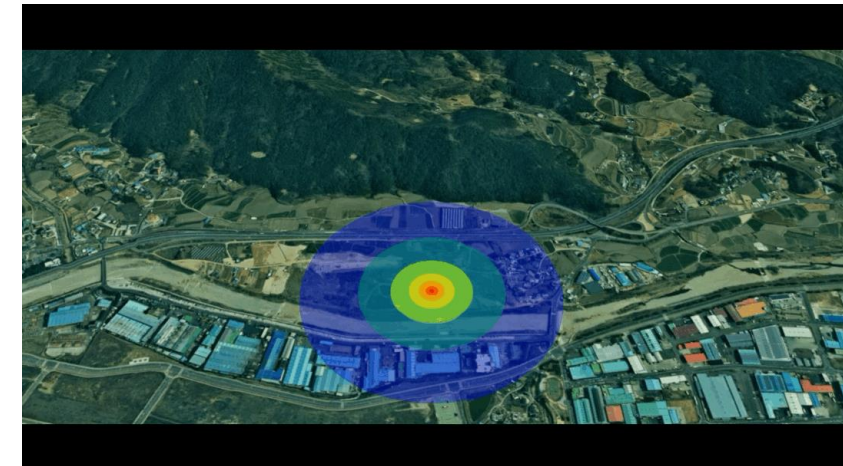
- 예측 데이터, 수치표고모델, 건물높이정보를 이용한 소음도 표출



▲ 시각화 데이터 생성 과정(안)



▲ 비행 로그 기반 가시화 결과



▲ 울산 실증 테스트베드 소음 표출 예

## 결론

- 국내외 항공소음 표준과 법규를 분석, UAM 소음 예측 프레임워크 프로세스 제시
- 운용개념 및 기존 인증 분석을 통한 기준 운용조건 및 시험·해석 시나리오 정립
- 감쇠표준 적용 데이터베이스 구축 프로세스 정립
- 관련 표준을 이용한 가시화 기법 정립

## 향후 계획

- 데이터베이스 고도화를 통한 가속화 모델 정립
- 사회적 수용성 고려한 평가 지표 제시 및 3차원 소음도 통합
- 회랑 설계 및 평가를 위한 3차원 소음도 획득 기법 구축

## 후기

- 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 한국형 도심항공교통(K-UAM) 안전운용체계 핵심기술개발사업(RS-2024-00405707) 및 한국연구재단 기초연구사업(No. 2020R1A6A1A03046811)의 지원을 받아 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

## 참고문헌

- 1) Rizzi, S. A., Letica, S. J., Boyd, D. D., and Lopes, L. V., "Prediction of Noise-Power-Distance Data for Urban Air Mobility Vehicles," *Journal of Aircraft*, Vol. 61, No. 1, 2024, pp. 166–182.
- 2) Rizzi, S. A., and Rafaelof, M., "On the Modeling of UAM Aircraft Community Noise in AEDT Helicopter Mode," *AIAA Aviation Forum*, San Diego, CA., 2023
- 3) Junyeop Kwon, Dahui Choi, Youngrok Son, Hamin Kim, Chanyoung Joo, Shiho Lee, and Sangho Kim, "Analysis of Current Traffic Noise Metrics for UAM Noise Evaluation," *한국항공우주학회 학술발표회 초록집*, 2024, pp. 1135–1136.
- 4) Dahui Choi, Sea Ryu, Yong-Hee Kim, and Sangho Kim, "Overview of Noise Studies for UAM Corridor Evaluation," *한국항공우주학회 학술발표회 초록집*, 2024, pp. 589–590.

**감사합니다.**