항공기 형상 설계를 위한 소형 로컬 LLM 기반 Text-to-CAD 프레임워크

최준석* · 정승한* · 양선웅*

*한양대학교 ERICA 기계공학과

IDEA Intelligent Design for Engineering Applications Lab

IDEA Lab website

Presenter's page

Introduction

Research Question | 항공기의 임무가 바뀔 때마다 크게 달라지는 형상을, 자연어 요청만으로 매번 빠르게 다시 만들 수 있는가?

◆ 임무 변화에 따른 형상 재설계의 반복



소형 프로펠러기 (훈련) | 천음속 여객기 (장거리 수송) | 분산 전기추진 (실험기)

◆ 자연어 요청만으로 다양한 항공기 형상 제작

"NASA CRM 형상 만들어줘. 꼬리 날개는 T자 형태로 바꿔줘."

로컬 LLM gpt-oss-20B



NASA CRM (T자 꼬리 변형)

◆ 로컬 LLM 채택의 이유

GPT-3 175B (2022년)

gpt-oss-20B (2025년) — 약 9배 경량화

클라우드 API		로컬 LLM
✗ 데이터 보안성 취약	VS	✓ 데이터 보안성
✗ API/구독에 종속		✓ API/구독 요금에 무관
✗ 버전별 결과 변화		✓ 입력에 따른 동일한 결과
✗ 사용자별 구성 조건 변화		✓ 사용자별 구성 조건 동일

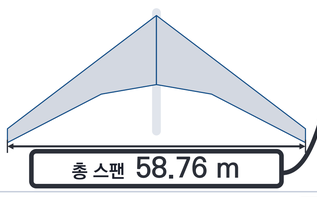
Methods

01 | 에이전트 기반 Text-to-CAD 프레임워크

STEP 1 사용자 요청

실제 요청문 (일부)

"··· Main wing: ··· Total span 58.76 m (half-span 29.38 m) ··· The break is at 37 % of the half-span ···"



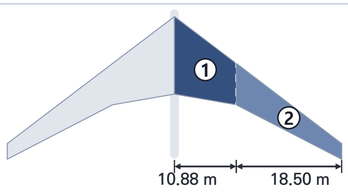
STEP 2 부품 치수 정리

동체	fuselage
주익	main_wing
Ex) 총 스팬 길이 = 58.76 m	
수평꼬리	horizontal_tail
엔진 나셀	engine_nacelles
파일론	pylons

STEP 3 관련 지식 선별 (Jev)

구간별 상반각	0.34
구간 스팬	0.48
후퇴각 기준선	0.12
총 스팬 1/2	0.98
나셀 지름	0.05
프로펠러 원판	0.04

STEP 4 형상 수치 계산



섹션 ① 10.88 m + 섹션 ② 18.50 m = 한쪽 날개 길이 29.38 m

STEP 5 CAD 형상 코드 작성

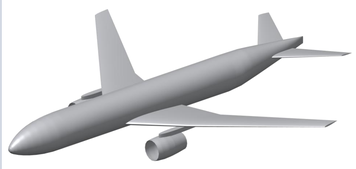
실제 생성 코드 (주익 부분)

```
string main_wing =
  AddGeom("WING", "");
SetParVal(main_wing,
  "Span", "XSec_1", 10.8766);
SetParVal(main_wing,
  "Span", "XSec_2", 18.5034);
Update();
```

섹션 1 10.88 + 섹션 2 18.50 = 29.38

29.38 × 2 = 58.76 m

STEP 6 CAD 형상 생성 · 검사



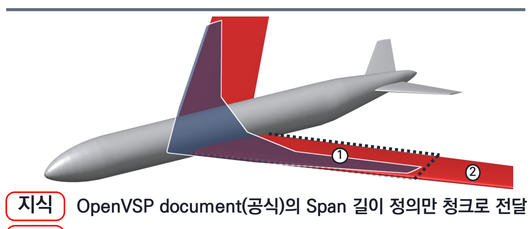
요청 총 스팬 58.76 m ≈ 실측 총 스팬 58.49 m

✓ 요청 치수와 일치

02 | Skill 청크 도입과 목적

모델의 추론 (CoT) | 총 스팬 길이가 58.76 m이면, 한쪽 날개 길이는 몇 m를 넣어야 하지 ?

일반 RAG



지식 OpenVSP document(공식)의 Span 길이 정의만 청크로 전달

차이 총 스팬 길이 측정법만 제공 (한쪽 날개 길이와의 관계 부재)

결과 두 날개 구간(섹션)에 총 스팬 길이를 입력 = "길이 4배 차이"

RAG with Skill chunk

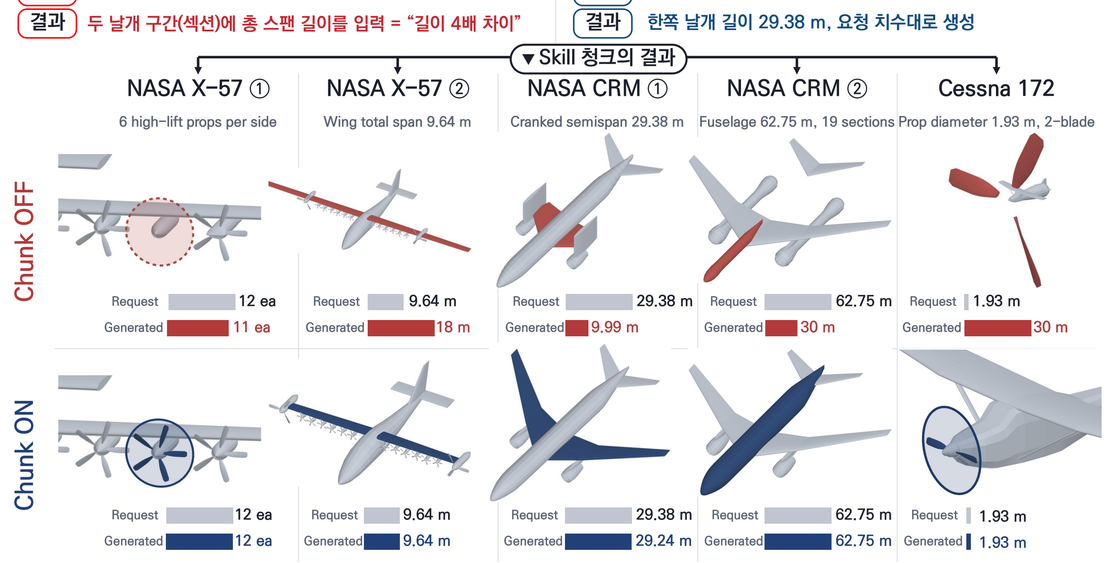


지식 총 스팬 x ½ = 한쪽 Span 이라는 내용(skill) 을 청크로 제공

차이 위 모델의 질문(생각)에 바로 답할 수 있는 형태

결과 한쪽 날개 길이 29.38 m, 요청 치수대로 생성

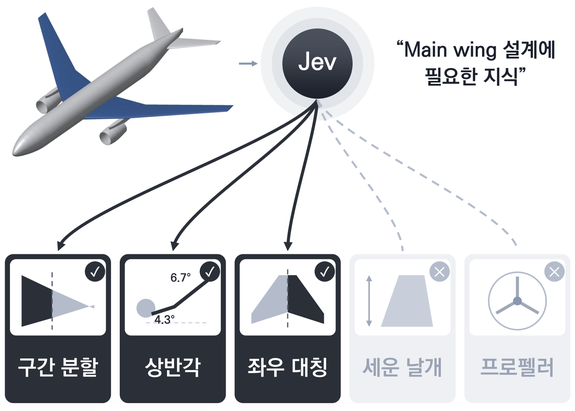
▼ Skill 청크의 결과



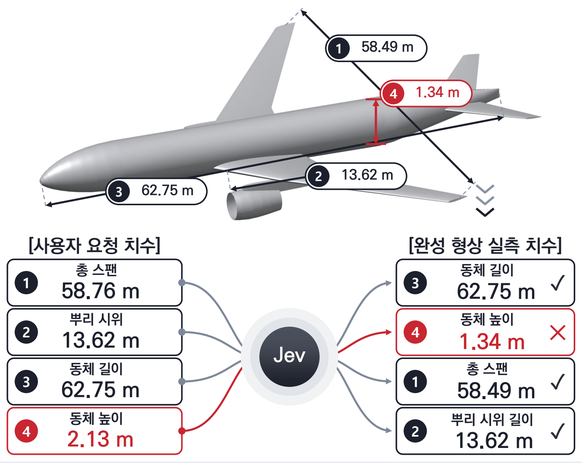
03 | Jev의 활용

1 Jev가 각 부품별 필요한 지식을 선별

예시 부품 CRM Main wing



2 Jev가 요청 치수와 측정한 치수를 연결



04 | OpenVSP 스크립트(코드) 작성 방식

1 공식 OpenVSP script 예시

```
void main() {
  string sid =
    AddGeom("STACK", "");
  SetParmVal(sid,
    "Tess_W", "Shape", 41);
  SetDriverGroup(sid, 2,
    HEIGHT_…, …);
  SetParmVal(sid,
    "XDelta", "XSec_2", 2.5);
  Update();
}
```

2 최소한의 코드 양식 제공

```
void build_vehicle() {
  string [ ] =
    AddGeom("[ ]", "");
  SetDriverGroup([ ], [ ],
    [ ], [ ]);
  SetParmVal([ ],
    "[ ]", "[ ]", [ ]);
  SetParmVal([ ],
    "[ ]", "[ ]", [ ]);
  …
  Update();
}
```

3 LLM이 판단한 내용을 빈칸에 채움

```
void build_vehicle() {
  string main_wing =
    AddGeom("WING", "");
  SetDriverGroup(main_wing, 1,
    SPAN_WSECT_DRIVER, ROOTC_…);
  SetParmVal(main_wing,
    "Span", "XSec_1", 10.8766);
  SetParmVal(main_wing,
    "Root_Chord", "XSec_1", 13.62);
  …
  Update();
}
```

- LLM의 역할: 괄호 안 형상 치수와 부품 수·형태 등 을 결정
- 코드 양식을 넣어준 이유: LLM이 없는 Parameter/Geometry 명칭을 지어내 코드 실행 및 형상 생성 실패

Results

01 | 임의 형상에서의 요청 기반 첫 생성



의의 사용자 요청만으로 비행기 형상 생성

한계 정해 둔 형상 한가지만 확인

02 | 임의의 형상에서의 다양한 변형 시도



차이 같은 형상에서 다양한 변형이 가능

한계 임의 형상이라 실제 항공기 적용은 미확인

03 | 실제 항공기 형상으로의 확장



차이 실제 항공기 · CFD 표준 모델 4종 재현

한계 재현한 형상의 다양한 변형은 미확인

04 | 실제 항공기 형상 기준 치수 변형 실험

의의 실제 항공기 형상에서도 치수를 변형 가능 | 한계 부품 변형 (추가·제거·변경) 미확인

- Main wing 앞뒤 위치 변경



- Main wing의 Airfoil 변경



- Main wing 상하 위치 변경



05 | 실제 항공기 부품 변형

의의 코드 구조가 바뀌는 부품 변형 요청까지 반영



Conclusion

의의

Skill 청크·Jev·CoT 등과 같은 여러 기법으로 파인 튜닝을 대체하고, 소형 로컬 LLM과 자연어 요청만으로 다양한 항공기 형상 생성부터 부품 추가·제거·교체까지 설계 가능한 Text-to-CAD 프레임워크 구축

향후 방향

외부 STEP 형상을 수정 가능한 OpenVSP CAD로 역설계하고,
추가적인 사용자의 부품 변형 요청까지 가능한 자유도 높은 항공기 설계 프로그램 구축

References

[1] OpenVSP — NASA Open Vehicle Sketch Pad, https://openvsp.org [2] OpenAI, "gpt-oss-120b & gpt-oss-20b Model Card," arXiv:2508.10925, 2025
[3] T. Brown et al., "Language Models are Few-Shot Learners," NeurIPS 2020 (GPT-3, 175B) [4] OpenRouter, Jev (typesafe/jev-1.13), https://openrouter.ai/models/typesafe/jev-1.13
[5] J. Vassberg et al., "Development of a Common Research Model for Applied CFD Validation Studies," AIAA 2008-6919 · NASA CRM STEP, commonresearchmodel.larc.nasa.gov
[6] NASA, X-57 Maxwell OpenVSP Model v4.4.1, sacd.larc.nasa.gov [7] V. Schmitt, F. Charpin, "Pressure Distributions on the ONERA-M6-Wing at Transonic Mach Numbers," AGARD AR-138, 1979
[8] Cessna Aircraft Co., Model 172S Skyhawk SP Pilot's Operating Handbook · Cessna 172G 3-view drawing (Wikimedia Commons, public domain)
[9] P. Lewis et al., "Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks," NeurIPS 2020 [10] J. Wei et al., "Chain-of-Thought Prompting Elicits Reasoning in Large Language Models," NeurIPS 2022
사진: Cessna 172 © ZidaneHartono, CC BY-SA 4.0 · Boeing 777 © Adam Moreira, CC BY-SA 4.0 (Wikimedia Commons) · X-57 NASA (public domain)

CONTACT
Presenter · chw10109@hanyang.ac.kr
IDEA Lab, Hanyang University ERICA · idealab.hanyang.ac.kr