

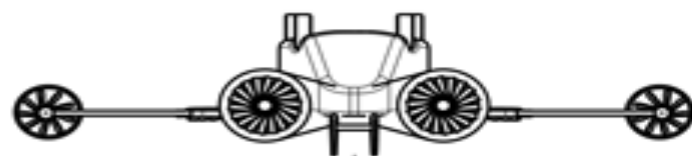
Flying car 2023.04.04 h/w 설계 기획 회의

JC 엔터프라이즈

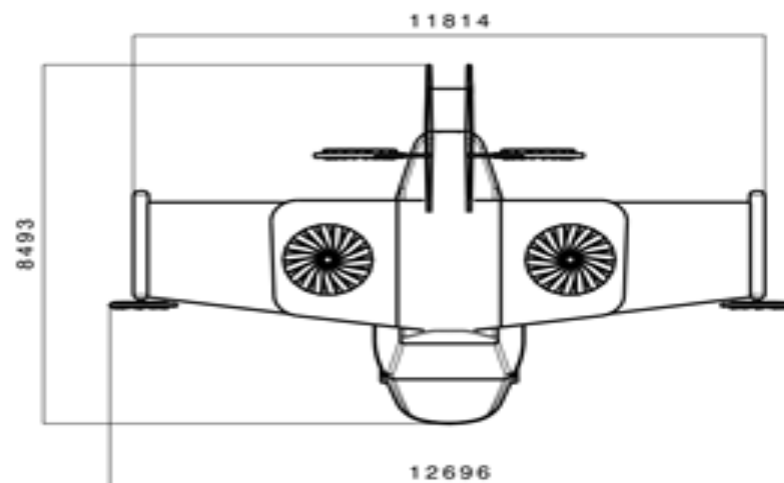
010-9395-4148

e- VTOL 헬사 (6) Flying car 컨셉트카 제작 스케줄

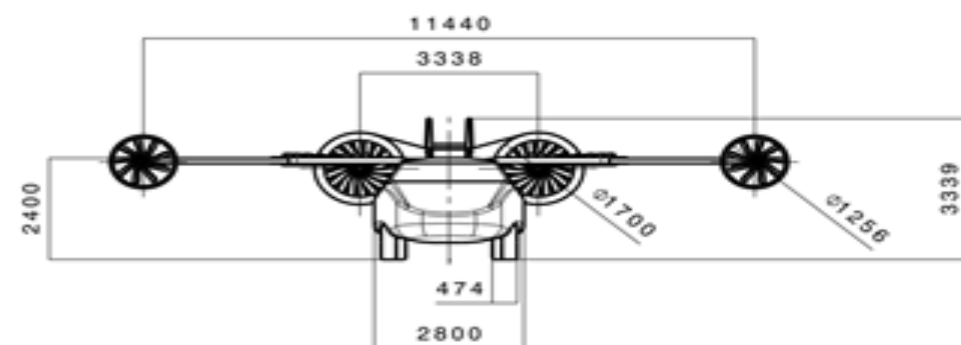




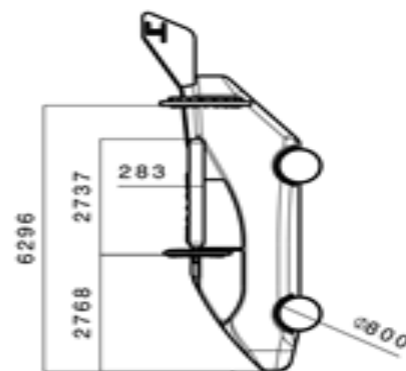
TOP VIEW



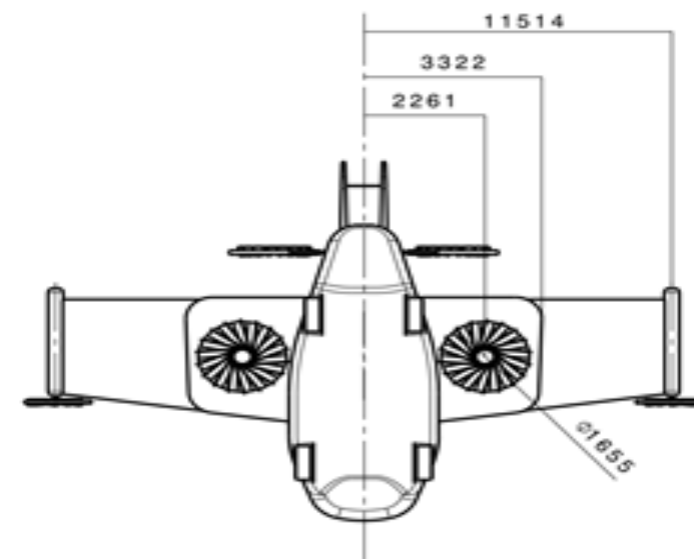
FRONT VIEW



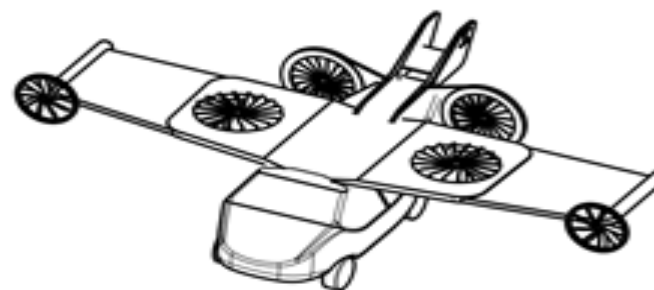
BOTTOM VIEW



RIGHT VIEW



REAR VIEW



ISOMETRIC VIEW

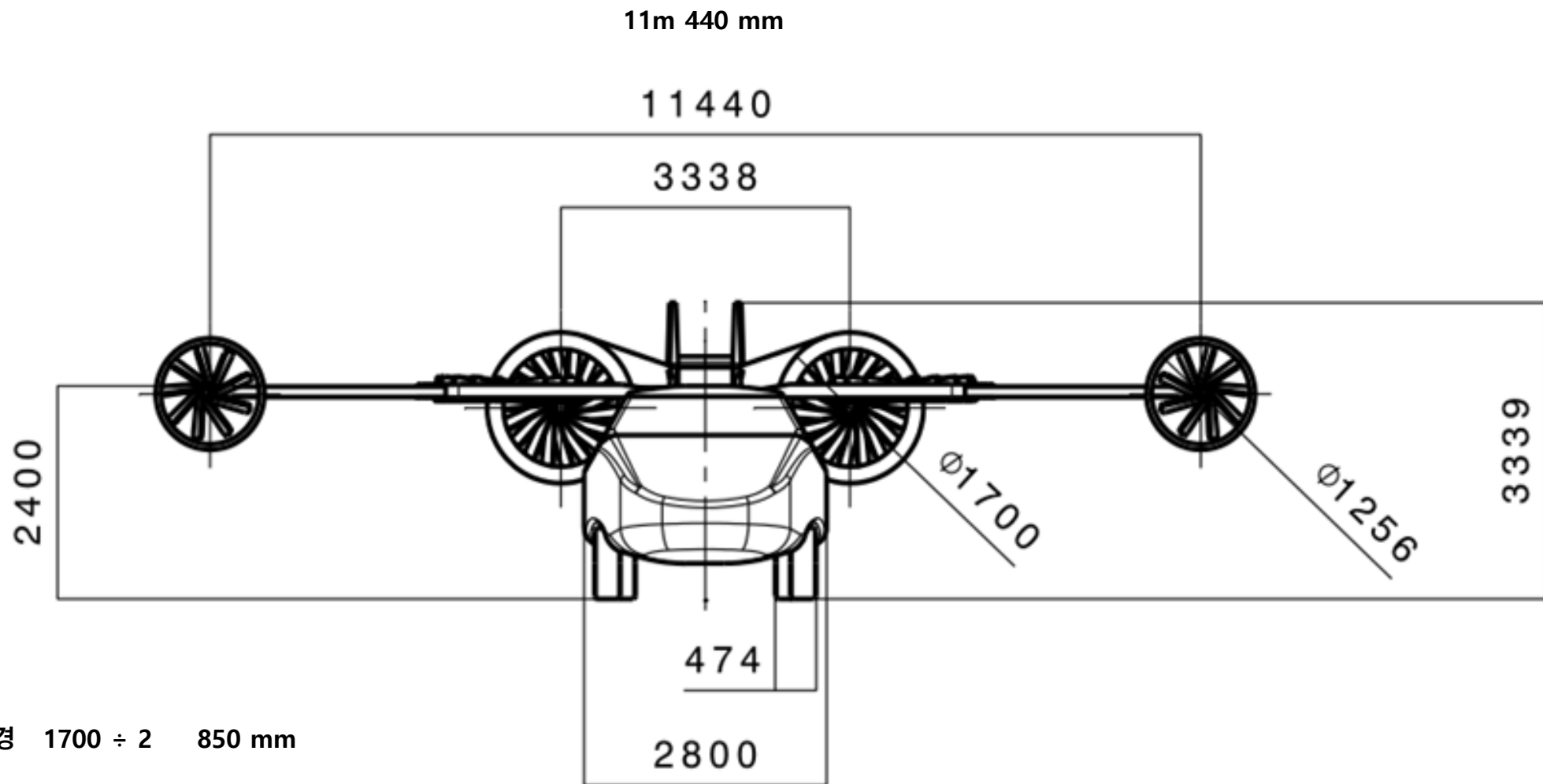
11m 814 mm
11814

8m 493 mm

8493

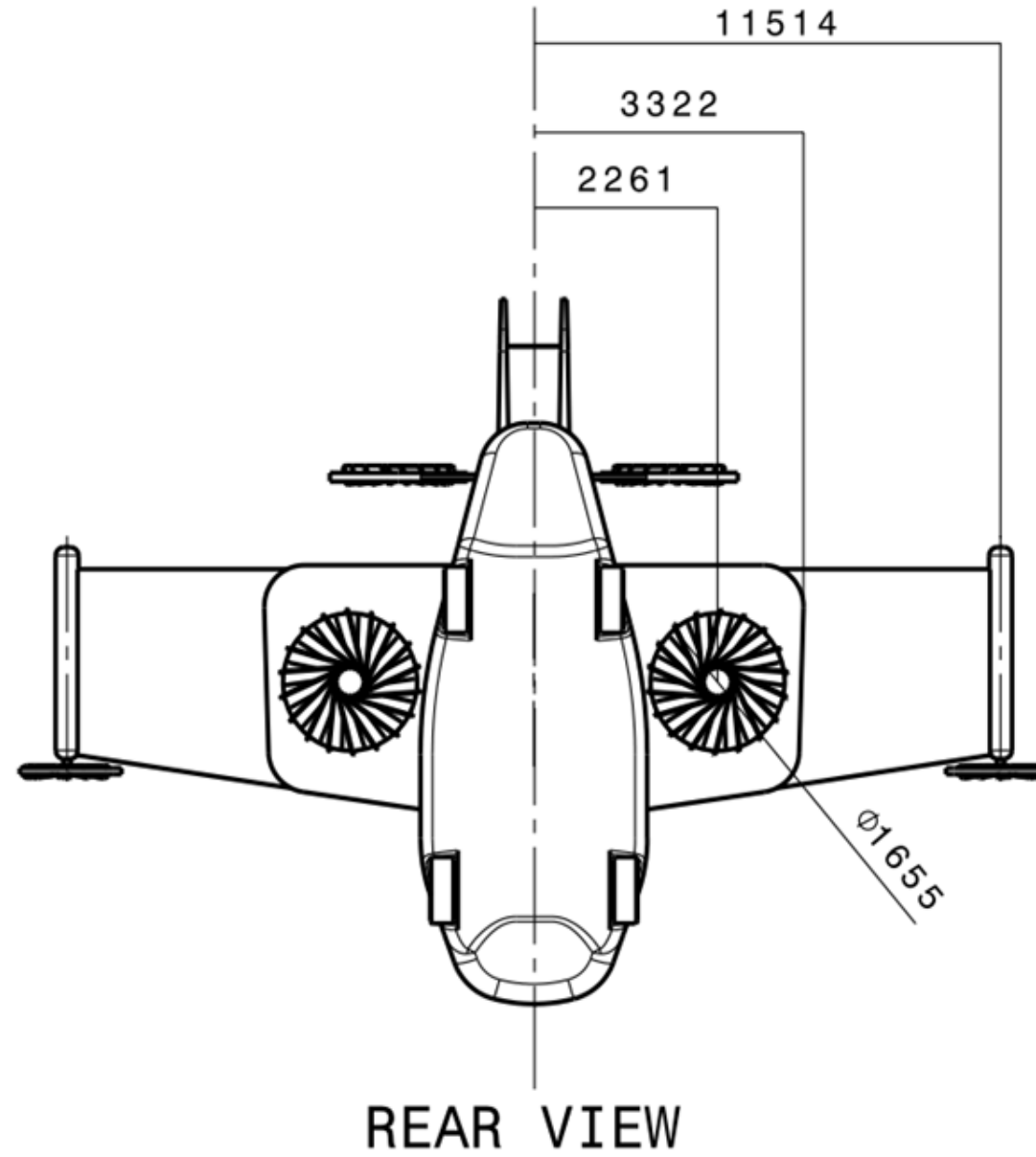
12m 696 mm
12696

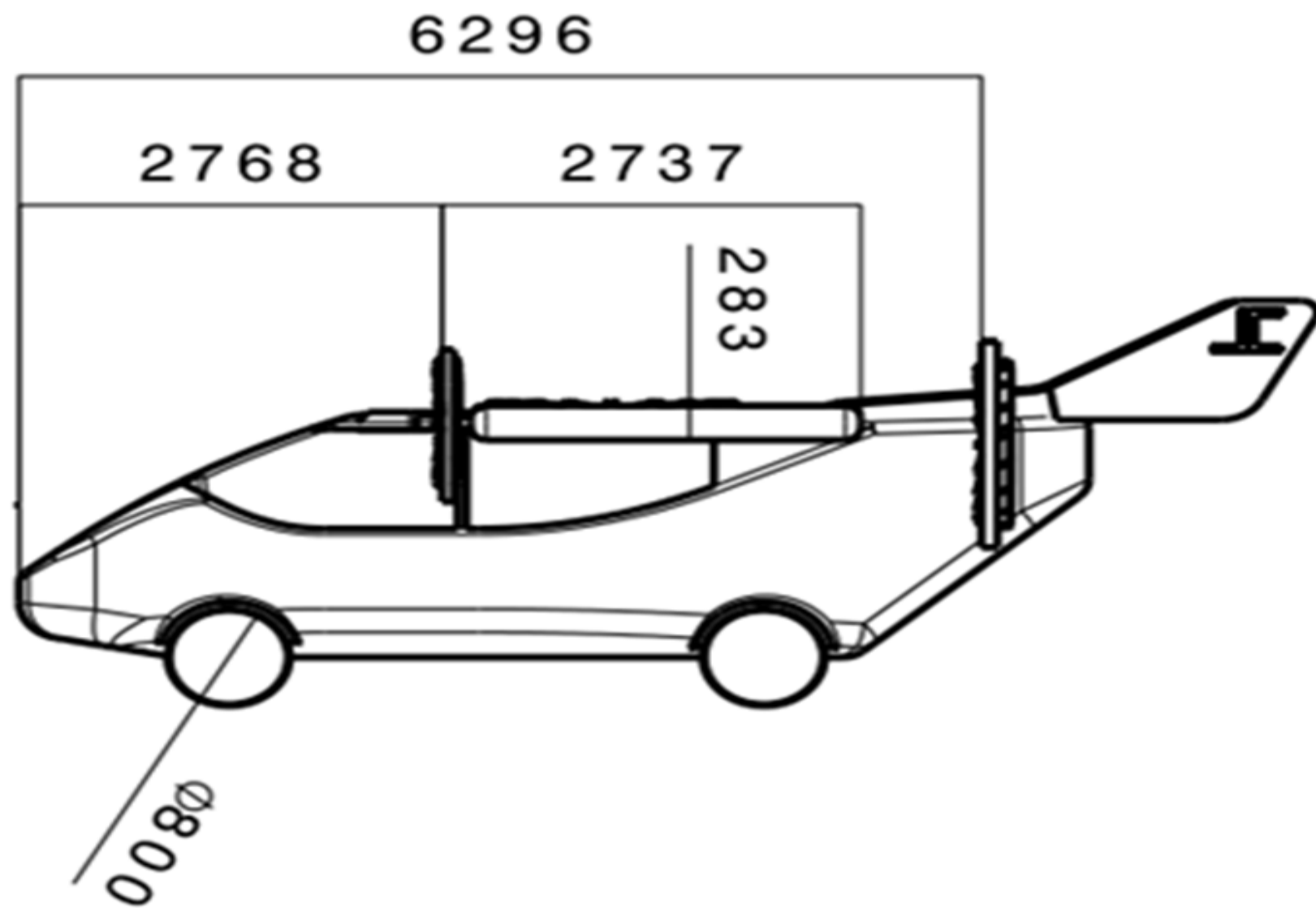
FRONT VIEW



BOTTOM VIEW

팬-인-윙 직경 $1700 \div 2$ 850 mm
 틸트로터 직경 $1256 \div 2$ 628 mm
 차폭 : 2800 mm
 차 높이 : 3339 mm
 차본체 높이 : 2400 mm





RIGHT VIEW

Flying car 프로펠러 사양

프로펠러 형식 (Propeller Type) •

- ☐ 고정 피치 (Fixed Pitch)
- ☐ 지상조절 피치 (Ground Adjustable Pitch)
- ☐ 정속 피치 (Constant Speed Pitch)

재료 (Material) •

- ☐ 목재 (Wood)
- ☐ 목재-복합재 (Wood-Composite)
- ☐ 금속 (Metal)
- ☐ 복합재 (Composite)

장착 형식 (Installation Type) •

- ☐ 전방 (Tractor)
- ☐ 후방 (Pusher)

회전방향 - 엔진 뒤에서 보았을때 (Direction of Rotation-as viewed from behind en

- ☐ 시계방향 (Clockwise)
- ☐ 반시계방향 (Counterclockwise)

블레이드 수 (Number of Blade)

가상: 4 ea

프로펠러 직경 (Propeller Diameter), [m]

기하학적 피치 (Geometry Pitch), [m]

최대비행속도 (Max.Flight Speed), [m/s] •

가상: 350km/h

모터

가상: 12KW /kg

모터최대 출력 (Power), [hp] •

모터 최대 회전수 (RPM) •

순항 고도 (Cruise Altitude), [m] •

가상: 110 m

순항 속도 (Cruise Speed), [m/s] •

가상: 250km/h

순항 회전수 (Cruise RPM), [RPM] •

순항 출력(Cruise Eng. Power), [hp] •

상승 고도 (Climb Altitude), [m/s]

가상 : 최대 150 m

상승 속도 (Climb Speed), [m/s]

가상: 250km/h

상승 회전수 (Climb RPM), [RPM]

상승 출력 (Climb Eng. Power), [hp]

이륙 속도 (Take Off Speed), [m/s]

가상: 200km/h

이륙 회전수 (Take Off RPM), [RPM] •

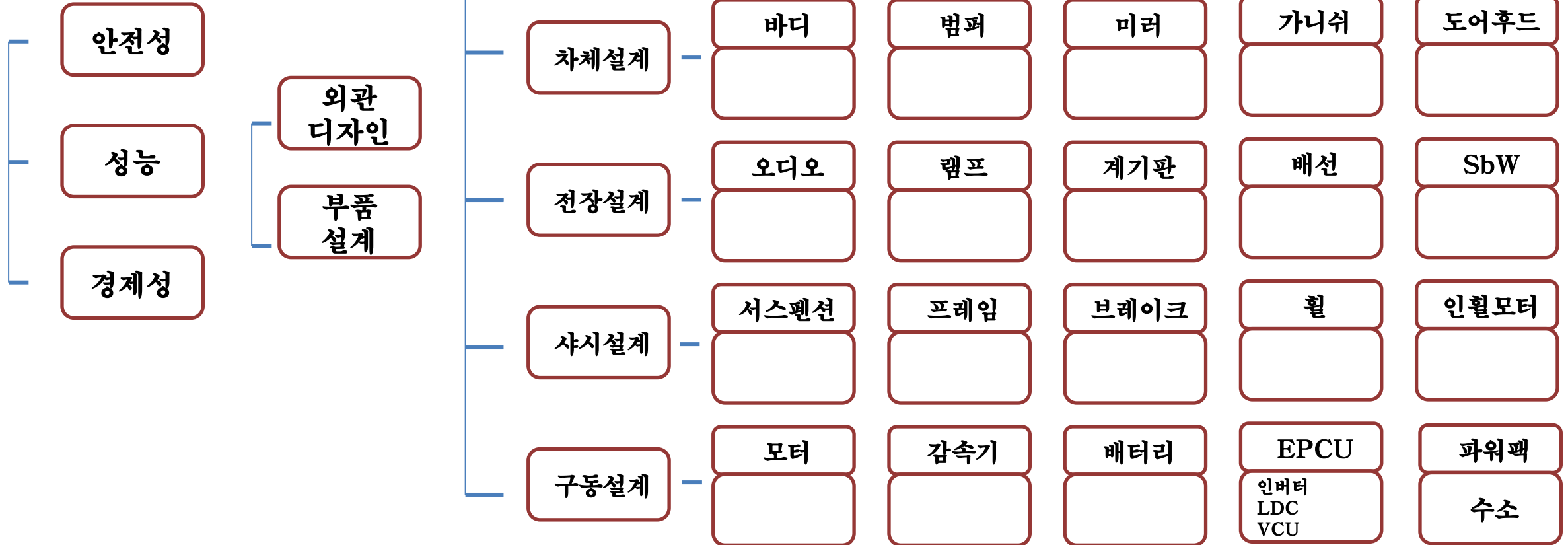
이륙 출력 (Take Off Eng. Power), [RPM] •

Flying car 2023.04.04 h/w 설계 회의

인스트루먼트 패널 : 대쉬보드

트림 : 테두리

가니쉬 : 고명



참석자: JC 엔터프라이즈 - 정 종찬 대표 ,
대진테크 - ,

안전성

➤ 추락 방지

분산 추진 : 2 ea , 4 ea , 6 ea
틸트로터 틸트로터 2 , 팬인원 2 틸트로터 2 팬인원 2 테일팬2

저고도 비행 : 보통 120 m 미만 , 유사시 150 m 미만

활강비 : 7:1 이상

➤ 충돌 방지

3차원 주변 인지 : 초음파 , 레이다 , 라이다 , AI , 자동 비행

충돌 회피 시스템 : 레이다 (AESA) , AI , 에어웨이

➤ ESG

공역 저고도 G 공역 - 조류 충돌 , WIG 공역 - 12 m 미만

소음 60 db 110 m 기준 , 70 db 150 m 기준 (500피트)

성능

➤ 목적

여객 유인 ➤ 유무인 ➤ 무인 ➤ 유인

화물 4 유인 화물 개조 (위그선) , 2 유인 화물 개조 (에어카)

➤ 속도

속도 : 100 km/h 200 km/h 300 km/h 400 km/h

파워 500 KW 이상 , 250 KW 2ea 또는 4ea (H3X)
매그닉스 지멘스 350 KW 2ea

배터리

➤ 전기

수소 기체 (현대차) , 액화 (하이리움) , 액체 (sk) , 수소엔진 (두산)

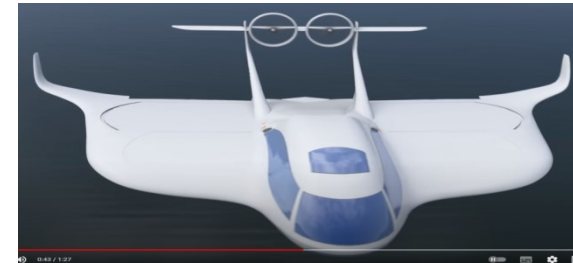
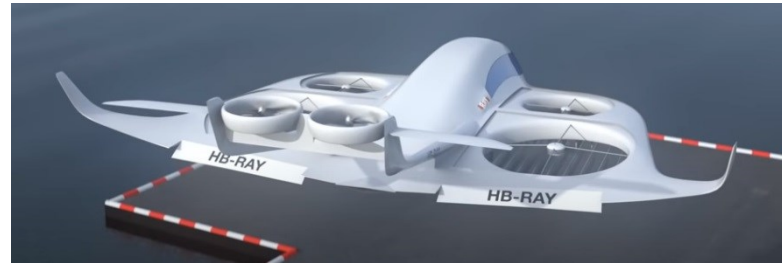
경제성

➤ 크기

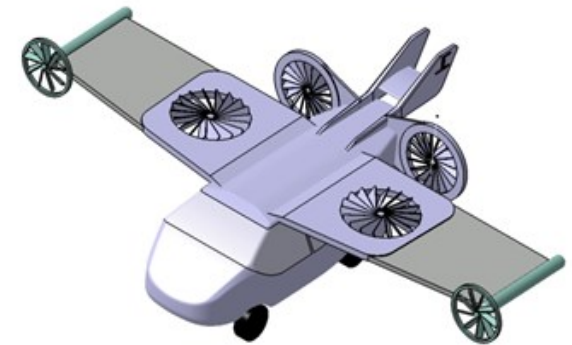
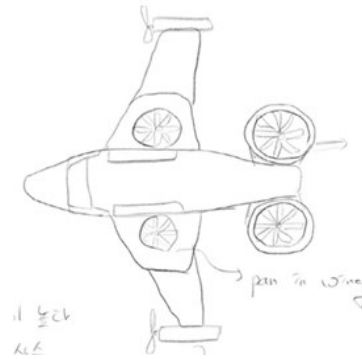
길이 자동차 폭 날개 폭 로터 직경 높이
방법 슬라이딩 폴딩

참고 디자인 1

PROVIDING VERTICAL FLIGHT CAPABILITIES
FOR FLYING VEHICLE DEVELOPMENT



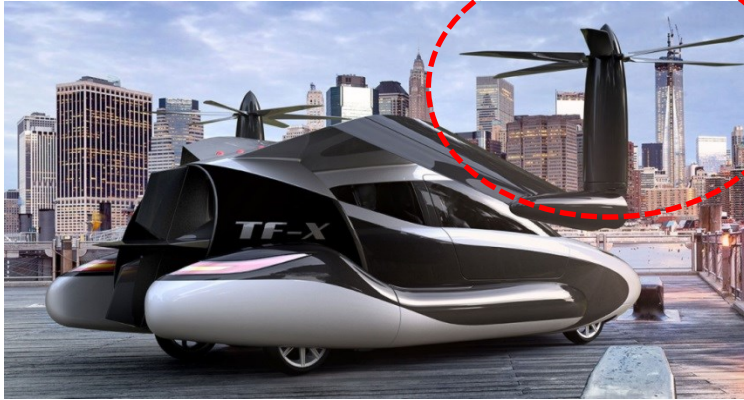
익스테리어
디자인



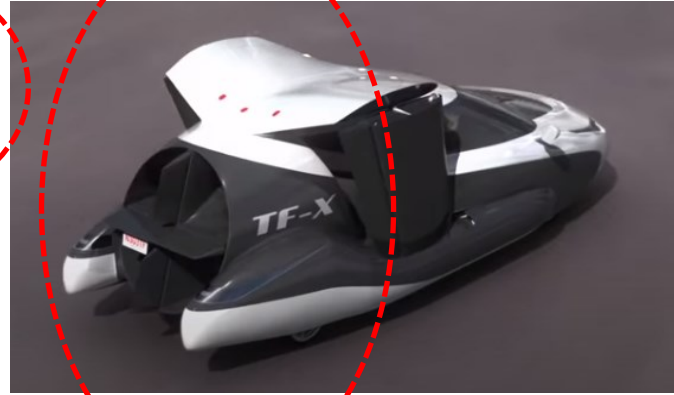
참고 디자인 2

테라푸지아

TF-X



틸트로터



범위: 500마일
최고 속도: 200mph
프로펠러 구성: 틸트로터 2개

스팅 VTOL

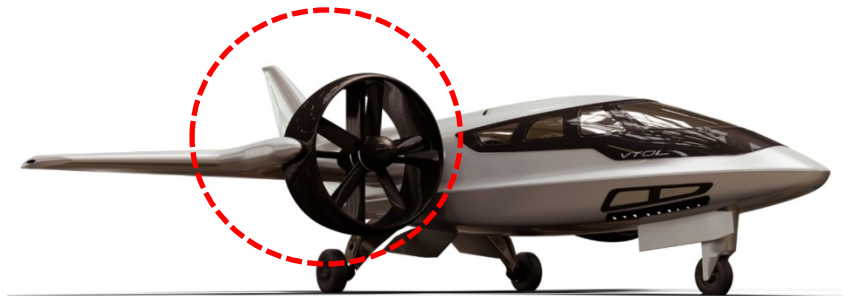


팬인윙

수직 리프트 덕트 팬 2개, 푸셔 팬 2개

XTI 항공기

TriFan 600



덕티드 팬

범위: 1380마일 (2220 km)
최고 속도: 345mph (555km/h)
프로펠러 구성: 덕트 팬 3개, 회전식 팬 2개

참고 디자인 3

에어로모빌

5.0 VTOL



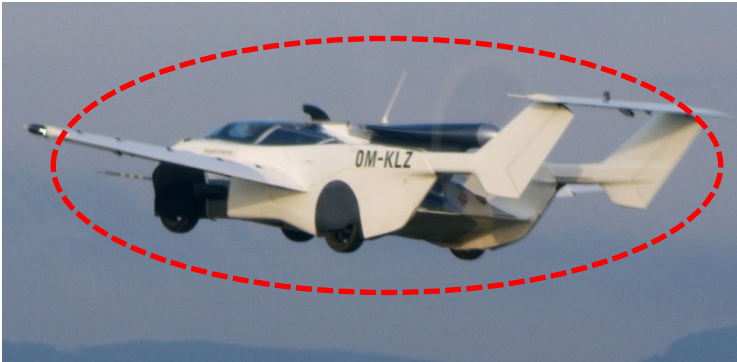
항공기 유형: 고정익 비행이 가능한 탑승 가능한 VTOL

동력 장치: Rotax 912 4기통 항공기 엔진

범위: 435마일

클라인비전

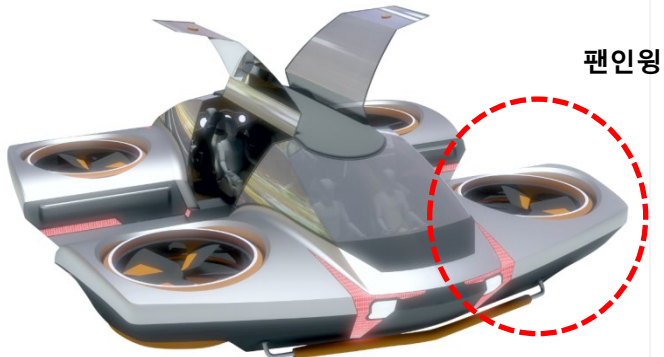
에어카



수륙양용

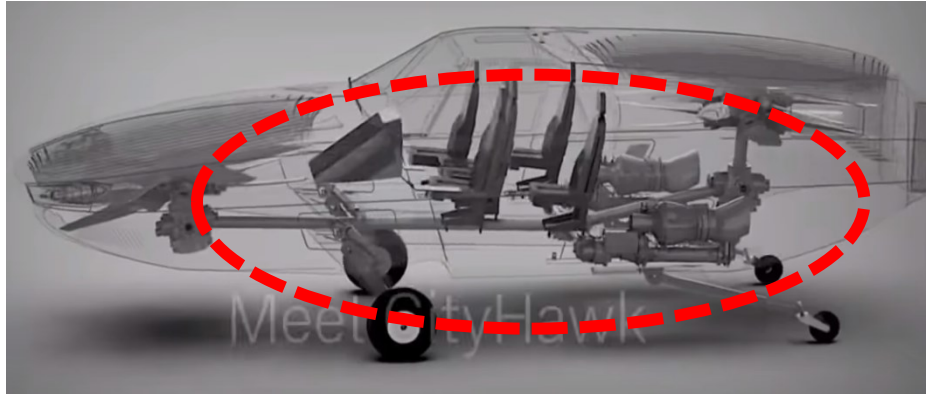
데카톤

플라잉카



참고 디자인 4

CityHawk



시트



폴딩

항공기 유형: 날개 없는 VTOL

발전소: 수소 연료 전지

범위: 93마일/150km + 20분 예비

최고 속도: 160mph / 270km/h

프로펠러 구성: 전면 및 후면 대형 덕트 팬 2개

승객/적재량: 조종사 1명과 승객 5명, 1670파운드(760kg)

공차중량: 1,170kg

최대 이륙 중량: 1,930kg

순항 속도: 234km/h

최소 연료 흐름: 280kg/hr

최대 연료: 800리터

범위(파일럿 전용): 360km + 20분 예비

150피트에서 예상 소음 수준: 76dBa

유효 하중: 500파운드

최대 고도: 10,000피트

연료 연소(순항 시): 5gph

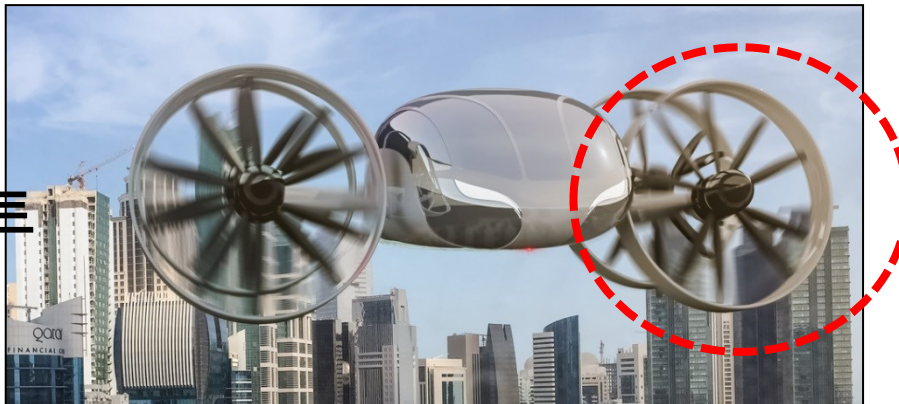
크기(드라이브 모드): 6.5' x 7.5' x 19.5'

크기(비행 모드): 6.5' x 26.5' x 19.5'

덕티드 팬

VRCO

네오엑스크래프트

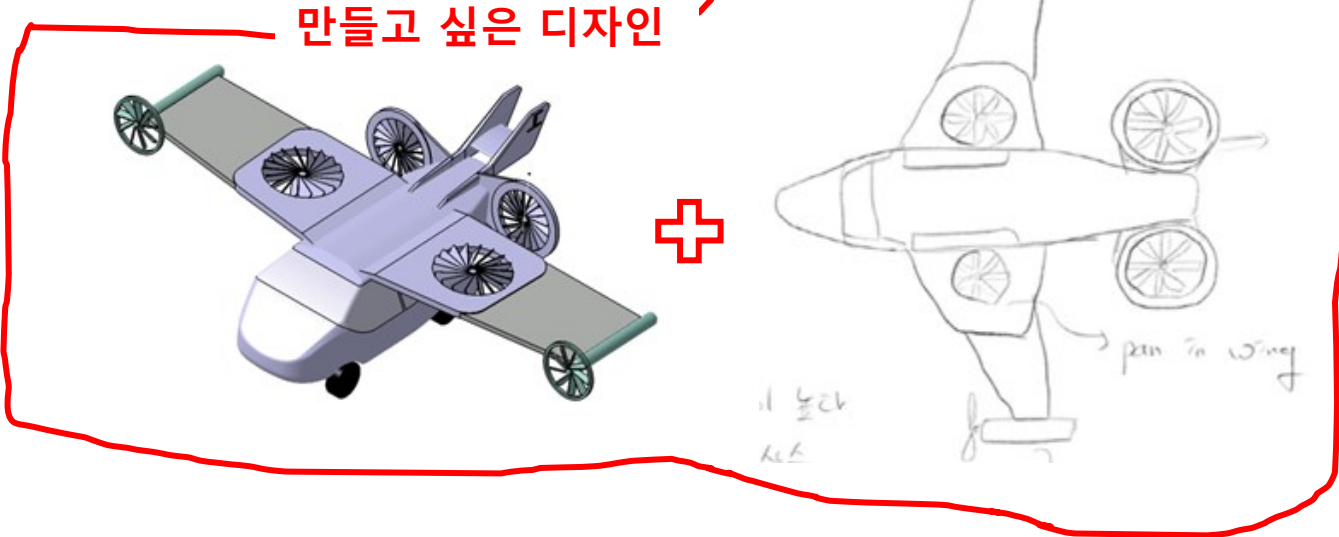


참고 디자인 5

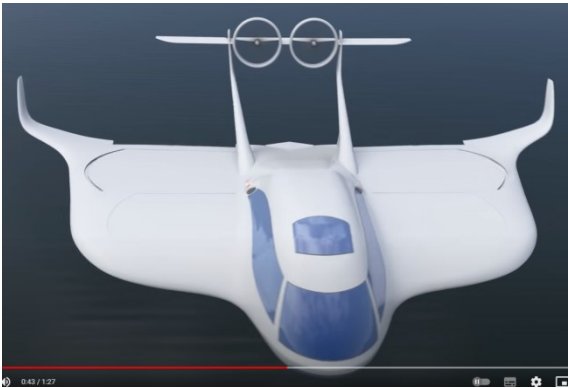
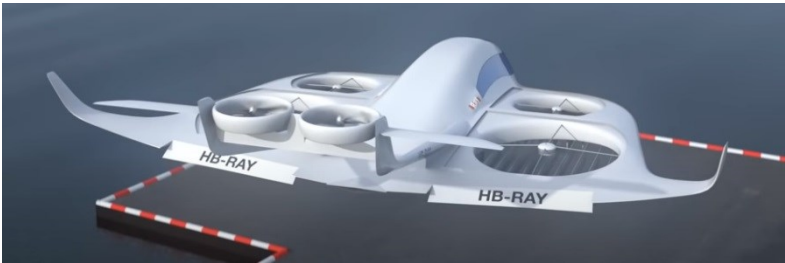
벨 넥서스
4EX



EMBRAERX



HB-RAY



참고 디자인 6

JetX Vector Flying Car



PROVIDING VERTICAL FLIGHT CAPABILITIES
FOR FLYING VEHICLE DEVELOPMENT

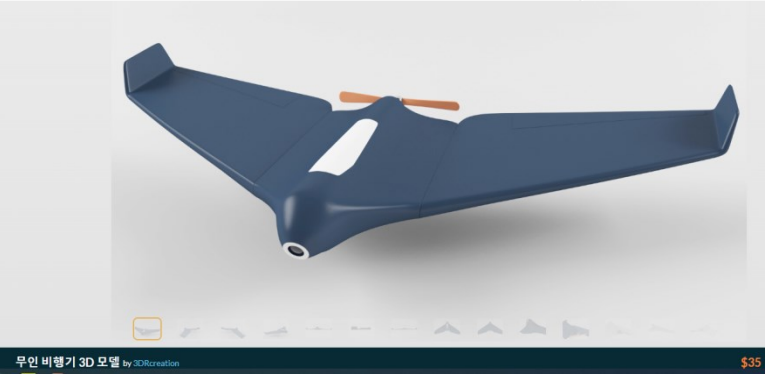


https://www.youtube.com/watch?v=ir_Ds76LZvk





3 D 모델링







OpenVSP

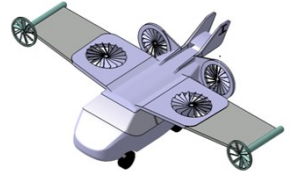
Table 2. Hyundai S-A1 specification.

Category	SI Units
Overall length	10.7 m
Fuselage width	1.6 m
Wing span	15 m
Propeller diameter	3.2 m
Skypory footprint	15.24 m
MTOW	3,125 kg
Maximum speed	290 km/h
Cruise speed	240 km/h
Range	100 km
Noise	Under 55 dB

표 3. S-A1 설계요구도

Table 3. S-A1 design requirements.

Category	Design Requirements	Design
Payload	80kg per person (1 pilot and 4 passenger), 15 kg per baggage. Total 460 kg	500 kg
Range	100 km at MTOW, 25% battery remaining	좌동
Cruise altitude	350-600 m	5~150 m
Cruise speed	240 km/h	200 km/h
Maximum speed	290 km/h	240 km/h
Ascent rate	5 m/s with the MTOW on vertical take-off[6], 8 m/s with the MTOW on cruising altitude during transition flight	좌동
Descent rate	1.5 m/s with the MTOW on vertical landing[7]	좌동
Engine	Electric motor/Battery	좌동



Flying car
희망 설계

MTOW (3,125 kg)

주날개 익형

NACA 4415 or 2412

주날개 붙임각

Xflr5

순항 받음각 (1° ~ 3°)

2°

주날개 상반각 (2° ~ 6°)

6°

주날개 하반각 (2° ~ 6°)

2°

꼬리날개 : (스포일러)

NACA 0006

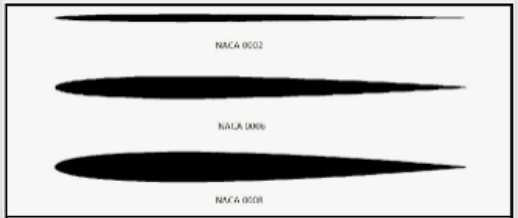
양력 계수

Xflr5, OpenVSP ,CATIA

항력 계수

아음속, 천음속, 음속, 초음속

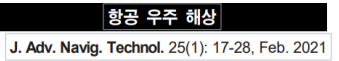
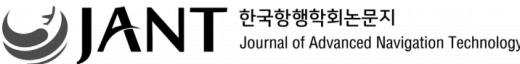
천이비행



ResearchGate
13: Perfiles NACA 0002, 0006 y 0008. | Download Scienti...

Category	Cruise Speed (km/h)	Root Airfoil	Tip Airfoil
Cessna 172R	226	NACA 2412	NACA 2412 mod

출처:



역설계 기법을 사용한 도심항공 모빌리티용 복합형(틸트로터 + 양력 + 순항) eVTOL의 공력 해석, 요구 동력 및 중량 예측

Aerodynamic Analysis, Required Power and Weight Estimation of a Compound (Tilt rotor + Lift + Cruise) Type eVTOL for Urban Air Mobility using Reverse Engineering Techniques

김 동 희¹ · 이 준 희² · 황 호 연^{3*}
¹세종대학교 물리천문학과, 항공우주공학과
²세종대학교 항공우주공학과
³세종대학교 항공우주공학과, 지능형드론 융합전공학과

MTOW (3,125 kg)

1) 날개, 꼬리날개, 스러스트, 파일런

배터리 (Tesla 2170)

2) 동체, 유선형 캐노피

리튬-황 배터리 (계획)

500Wh/kg

3) 나셀, 유선형 외부 장착물

리튬-공기 배터리 (계획)

3000Wh/kg

전고체

or 수소

파일런은 항공기에서 가장 눈에 띄는 부분은 아니지만, 항공기의 엔진이 날개에 붙어있도록 해주는 부품이기 때문에 비행을 지속하고 승객의 안전을 유지하는 데 매우 중요 ...

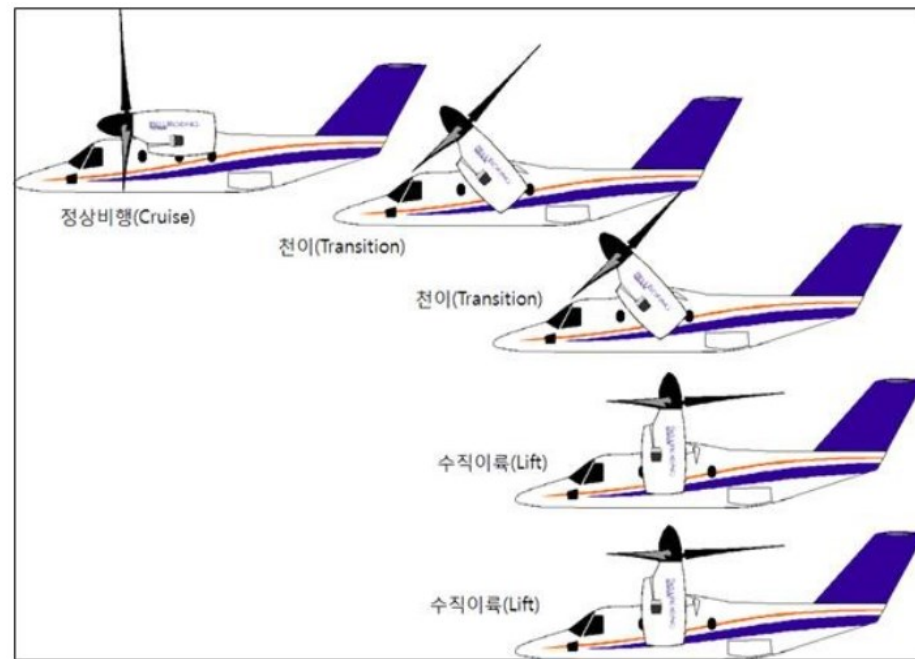
나셀

나셀은 항공기 엔진, 연료, 항공기 장비를 담고있는 유선형 몸체이다. 기체 밖에서 온전히 파일런에 부착될 때 이를 포드라고 부르기도 하며 이 경우 부착되는 엔진을 포드드 엔진이라고 한다. 다른 수많은 비행 용어와 비슷하게 이 용어는 작은 배를 의미하는 프랑스어 단어에서 기원한다. 위키백과

S-A1

설계요구도에 따라 비행에 소모된 총 에너지의 25%가 잔여 에너지로 남아있어야 하므로 배터리의 필요 총 중량에 4/3을 곱해주어야 한다.

마찬가지로 순항 시 75%의 동력으로 비행해야 하므로 틸트 로터에 필요한 단위질량당 동력은 101.12 W/kg가 된다.



<사진 21. BA 609의 수직 이륙에서부터 수평 비행까지 전이 비행>

MTOW (3,125 kg)

1)호버링 필요 동력 (MATLAB)	2) 수직이착륙 (~ 350 m)	2) 수직이착륙 (~ 150 m)
144.08 W/kg (450.24kW,MTOW)	S-A1, 수직이륙 : 70 sec 수직착륙 : 234 sec	수직이륙 : sec 수직착륙 : sec
S-A1 , X 축 : 동축로터 추력	수직 이륙	수직 이륙
80.38 W/kg (251.19kW,MTOW)	5 m/sec	m/sec
S-A1 , X 축 : 틸트로터 추력	수직착륙	수직착륙
63.70 W/kg (199.05kW,MTOW)	1.5 m/sec	m/sec
고도별 호버링 시 필요 동력	수직 이륙 필요 에너지	수직 이륙 필요 에너지
	S-A1, 10.64 kW/h	
수직이착륙 시 필요한 동력	수직 착륙 필요 에너지	수직 착륙 필요 에너지
	S-A1, 27.74 kW/h	

MTOW (3,125 kg)

중량 추정

페이로드	착륙장치
S-A1, MTOW의 약 12.15%	S-A1, MTOW의 약 3.06%
주 날개	모터
S-A1, MTOW의 약 9.96%	S-A1, MTOW의 약 6.66%
꼬리날개 (스포일러)	프로펠러
S-A1, MTOW의 약 1.12%	S-A1, MTOW의 약 4.42%
동체	전자, 기타
S-A1, MTOW의 약 9.27%	S-A1, MTOW의 약 10.83%
배터리	Crew 조정 / Avionics 항전
S-A1, MTOW의 약 36.13%	2.56 % / 3.84%

S-A1의 프로펠러

수직이착륙에 쓰이는 총 8개의 2엽 프로펠러와 수직이착륙, 순항에 모두 쓰이는 4개의 5엽 프로펠러가 있다. 각 프로펠러의 직경은 3.2 m다. 본 논문에서는 상용화되어 있고 S-A1 요구동력을 만족하는 프로펠러를 조사하여 중량을 추정하였다. 최종 선택한 프로펠러는 탄소복합체, 니켈을 소재로 사용하며 프로펠러 1엽당 중량은 약 0.9 kg, 스피너 및 기타 프로펠러 부품의 총 중량은 약 8.8 kg다

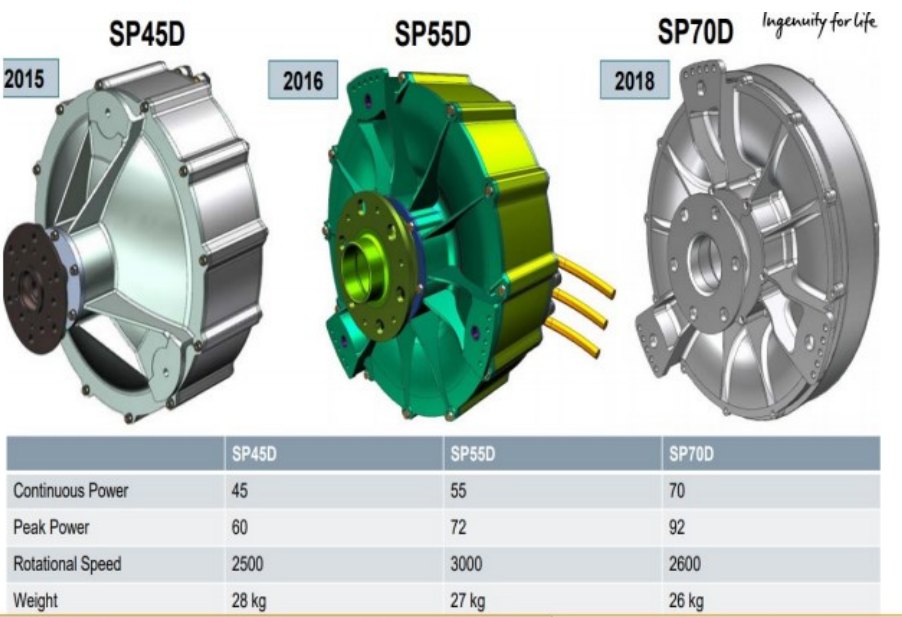


그림 19. Siemens 전기 모터[29]

중량 추정

페이로드
약 12.15% , 500 kg

주 날개
약 9.96%

꼬리날개 (스포일러)
약 1.12%

동체
약 9.27%

배터리
약 36.13%

착륙장치
약 3.06%

모터
약 6.66%

프로펠러
약 4.42%

전자, 기타
약 10.83%

Crew 조정 / Avionics 항전
2.56 % / 3.84%

$$500 \text{ kg} : 12.15 = x : 100$$

$$12.15 x = 50,000$$

$$X = 50,000 \div 12.15 = 4,115.23$$

MTOW	총 중량	x
	4.115.23	

총 중량
3,000

총 중량
2,500

총 중량
2,000

중량 추정

페이로드	착륙장치	MTOW	총 중량	x
약 12.15% , 364.5 kg	약 3.06% , 91.8 kg		3,000 kg	
주 날개	모터		2,966.7 kg	
약 9.96%, 298.8 kg	약 6.66% , 166.5 kg	공차중량	2,602.2 kg	
꼬리날개 (스포일러)	프로펠러			
약 1.12%, 33.6 kg	약 4.42% , 132.6 kg			
동체	전자, 기타			
약 9.27%, 278.1 kg	약 10.83% , 324.9kg			
배터리	Crew 조정 / Avionics 항전			
약 36.13%, 1083.9 kg	2.56 % ,76.8 kg / 3.84% , 115.2 kg			

중량 추정

페이로드	착륙장치	MTOW	총 중량	x
약 12.15% , 303.7 kg	약 3.06% , 76.5 kg		2,500 kg	★
주 날개	모터		2,499.8kg	
약 9.96%, 249 kg	약 6.66% , 166.5 kg	공차중량	2,196.1 kg	
꼬리날개 (스포일러)	프로펠러	2(3)인승	3 x 80kg + 60kg	
약 1.12%, 28 kg	약 4.42% , 110.5 kg			
동체	전자, 기타			
약 9.27%, 231.7 kg	약 10.83% , 270.7 kg			
배터리	Crew 조정 / Avionics 항전			
약 36.13%, 903.2 kg	2.56 % ,64 kg / 3.84% , 96 kg			

중량 추정

페이로드	착륙장치	MTOW	총 중량	x
약 12.15% , 243 kg	약 3.06% , 61.2 kg		2,000 kg	
주 날개	모터		2,000 kg	
약 9.96% , 199.2 kg	약 6.66% , 133.2 kg	공차중량	1,757 kg	
꼬리날개 (스포일러)	프로펠러			
약 1.12% , 22.4 kg	약 4.42% , 88.4 kg			
동체	전자, 기타			
약 9.27% , 185.4 kg	약 10.83% , 216.6 kg			
배터리	Crew 조정 / Avionics 항전			
약 36.13% , 722.6 kg	2.56 % , 51.2 kg / 3.84% , 76.8 kg			

중량 추정

페이로드	착륙장치	MTOW	총 중량	x
약 12.15% , 218.7 kg	약 3.06% , 55.1 kg		1,800 kg	
주 날개	모터		1,801 kg	
약 9.96% , 179.3 kg	약 6.66% , 119.9 kg	공차중량	1,581.3 kg	
꼬리날개 (스폰일러)	프로펠러			
약 1.12% , 20.2 kg	약 4.42% , 79.6 kg			
동체	전자, 기타			
약 9.27% , 166.9 kg	약 10.83% , 194.9 kg			
배터리	Crew 조정 / Avionics 항전			
약 36.13% , 651.2 kg	2.56 % , 46.1 kg / 3.84% , 69.1kg			

V. 결 론

본 연구에서는 현대자동차가 CES 2020에서 발표한 eVTOL 비행체 S-A1의 자료를 기반으로 공력해석과 요구동력 분석, 중량예측을 통해 개념설계를 수행하였다.

비교분석을 통하여 주 날개와 꼬리날개의 익형을 NACA 4415와 NACA 64A-010으로 결정하였으며 반복분석을 통하여 주 날개의 불임각을 1° , 상반각을 6° , 하반각을 2° 로 결정하였다.

호버링 시 가장 효율적인 단위질량당 필요 동력은 틸트 로터에서 63.70 W/kg, 동축 로터에서 80.38 W/kg로 총 144.08 W/kg였고 수직이착륙 시 수직착륙이 수직이륙보다 단위질량당 필요 동력은 작지만 와류 고리를 피하기 위하여 하강 속도를 느리게 함으로써 수직이륙보다 더 많은 에너지가 소모된다. 총 비행시간과 에너지 소모량은 지상에서 350 m까지 수직이착륙, 고도 600 m에서 순항을 가정하였을 때 수직이륙이 70 초로 10.64 kWh를 소모하고 천이비행이 60 초로 5.18 kWh를 소모하며 순항이 1,450 초로 98.8 kWh, 수직하강이 234 초로 27.74 kWh를 소모한다. 따라서 총 비행시간은 1,814 초이며 총 에너지 소모량은 142.36 kWh였다. 이 때 총 에너지 소모

량은 지상에서 350 m까지 수직이착륙, 고도 600 m에서 순항을 가정하였을 때 수직이륙이 70 초로 10.64 kWh를 소모하고 천이비행이 60 초로 5.18 kWh를 소모하며 순항이 1,450 초로 98.8 kWh, 수직하강이 234 초로 27.74 kWh를 소모한다. 따라서 총 비행시간은 1,814 초이며 총 에너지 소모량은 142.36 kWh였다. 이 때 총 에너지 소모량에 따른 유형별 배터리의 필요 셀 중량은 Tesla 2170 (247 Wh/kg)이 768 kg, Tesla 4680 (380 Wh/kg)이 500 kg, 리튬-황(500 Wh/kg)이 380 kg, 리튬-공기(1,500 Wh/kg)가 127 kg였다.

유해항력은 주 날개의 항력이 72.2 count (약 22%)로 가장 큰 비중을 차지함을 알 수 있고, 무게 추정에서는 배터리 중량이 1,129 kg (약 36%)로 가장 큰 비중을 차지하였다.

만약 S-A1의 최대 항속거리인 100 km를 운행하는 것이 아닌 K-UAM 로드맵에서 시범노선으로 정한 코엑스-김포공항(29.8 km), 코엑스-인천공항(54.1 km)을 운행한다면 코엑스-김포공항의 경우 100 km를 운행하는데 필요한 에너지의 약 51.4%, 코엑스-인천공항의 경우 68.1%만을 사용하면 돼 본 논문에서 기준 배터리로 설정한 Tesla 2170으로도 배터리 수명을 충분히 길게 유지하며 운행할 수 있을 것이다.

Long Range 2WD (19 inch)

* 빌트인 캠 미적용

복합 5.2km/kWh(도심 : 5.9km/kWh, 고속도로 : 4.5km/kWh) | 배터리 용량 : 77.4kWh
충전지 정격전압(용량) : 697V(111.2Ah) | 최고출력 : 168kW(229PS) | 공차중량 : 1,945kg
1회 충전 주행 거리 - 복합 458km(도심 : 509km, 고속도로 : 395km)



아이오닉 5

Specifications



분류	Long Range 2WD	Long Range AWD	Standard 2WD	Standard AWD
전장 (mm)	4,635	4,635	4,635	4,635
전폭 (mm)	1,890	1,890	1,890	1,890
전고 (mm)	1,605	1,605	1,605	1,605
축간거리 (mm)	3,000	3,000	3,000	3,000
윤거 전 (mm)	1,638 (19") / 1,628 (20")	1,638 (19") / 1,628 (20")	1,638 (19")	1,638 (19")
윤거 후 (mm)	1,647 (19") / 1,637 (20")	1,647 (19") / 1,637 (20")	1,647 (19")	1,647 (19")
배터리 종류	리튬이온	리튬이온	리튬이온	리튬이온
배터리 용량 (kWh)	77.4	77.4	58.0	58.0
최고출력 (kW)	168	239	125	173
최대토크 (Nm)	350	605	350	605