

# 2D 차체 모델을 이용한 공력성능 최적화

한양대학교 미래자동차공학과  
4학년 정종현  
지도교수 민승재

## 연구 배경 / 목적

### 연구 배경

- 강화된 연비 규제, 유가 상승 등으로 인해 연비 개선의 필요가 커짐.
- 전산 유체 역학 (CFD) 소프트웨어 및 하드웨어의 발전으로 인해 차체 주변의 복잡한 유동 해석이 용이해짐.

### 연구 목적

- 상용 소프트웨어 COMSOL을 이용하여, 공력성능 해석을 위한 2D 단순화 모델 구성.
- 최적화를 통해 항력을 최소화 하는 차체 형상 도출 및 결과 분석.

## 공력성능 해석 모델 제작 및 결과

### 공력성능 해석 모델 제작

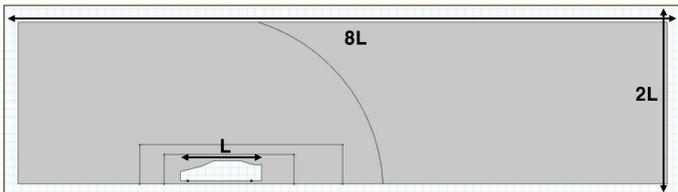
- 유체의 난류 모델로는 다른 모델에 비해 수렴성이 좋고 높은 메모리를 요구하지 않는 k-ε 모델 선정.

난류 운동 에너지 k, 에너지 소실 ε에 대한 수식

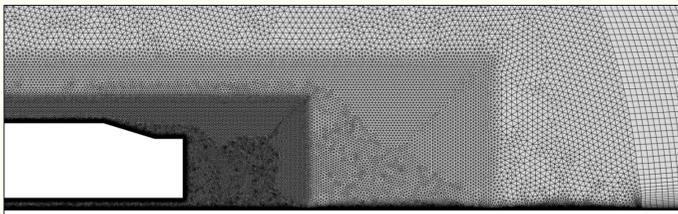
$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + 2\mu_t E_{ij} E_{ij} - \rho \epsilon$$

$$\frac{\partial(\rho \epsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \epsilon u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} 2\mu_t E_{ij} E_{ij} - C_{2\epsilon} \rho \frac{\epsilon^2}{k}$$

- Wind tunnel과 차량을 모델링 후 mesh 구성.



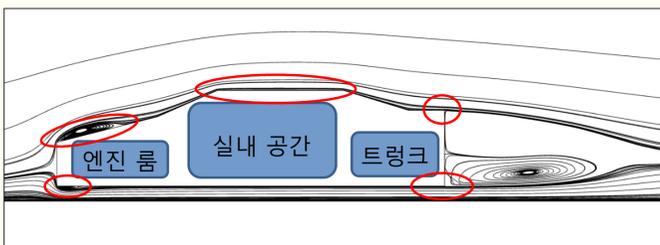
2D Wind tunnel의 Geometry 및 규격



차체 주변의 격자 구성

### 해석 결과 분석 및 변수 설정

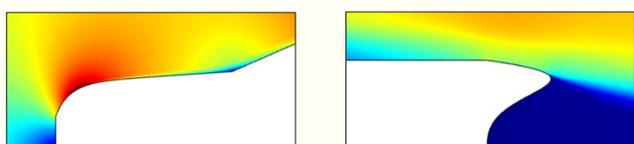
- 후드, 앞 오버행 부근에서는 와류, 트렁크 뒤에는 vacuum으로 인한 wake가 발생.
- 차량의 엔진룸, 실내공간, 트렁크를 유지하되, 유체역학적으로 개선이 필요한 부분을 각각 구속 조건, 설계 변수로 설정.



최적화 진행을 위한 구속조건 및 설계 변수 설정

- 설계 변수로 설정한 각 부분의 parametric curve는 아래와 같음.

부분	매개변수 식 (s:0~1)	변수의 범위
후드	Var_H*(-s^9+s)	Var_H : 0~0.4
지붕	Var_R*sin(π*s)	Var_R : 0~0.3
앞 오버행	s*tan(Var_FO)	Var_FO : 0~25
뒤 오버행	s*tan(Var_RO)	Var_RO : 0~10
트렁크 Tail	Var_T*sin(π*s^3)	Var_T : 0~1

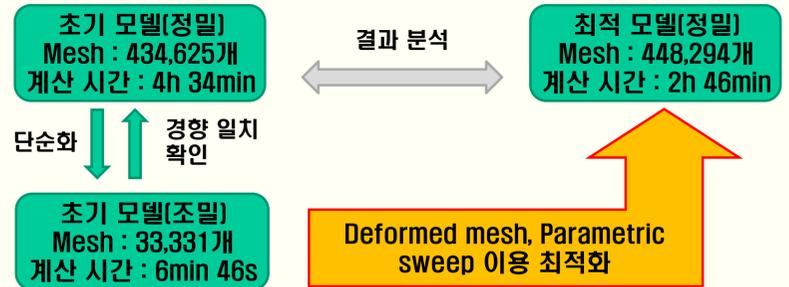


매개변수 식을 이용한 Hood 및 Tail 형상 선정

## 최적화 실행 및 결과

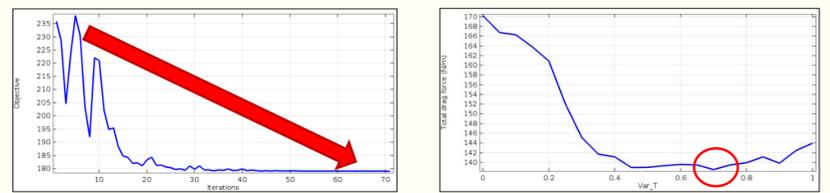
### 최적화 실행 전략

- 항력 계산에는 mesh가 정밀한 모델, 최적화에는 computation 시간이 빠른 모델 이용.



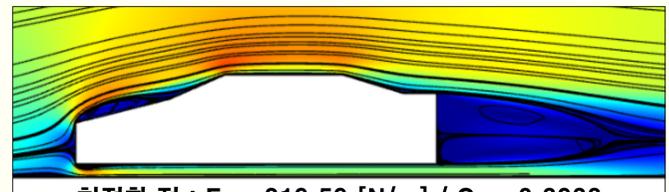
### 최적화 실행 결과

- 지붕, 후드, 앞뒤 오버행은 deformed mesh와 COBYLA optimization, 트렁크 tail에는 parametric sweep을 이용.

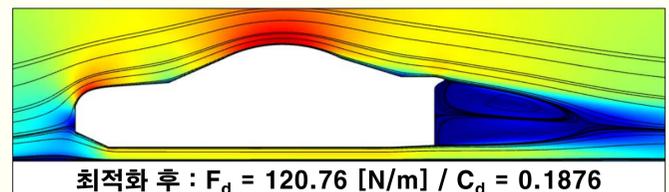


Optimization tool 및 Parametric Sweep을 이용한 최적화 실행

- 최적화를 통해 항력(F<sub>d</sub>) 및 항력계수(C<sub>d</sub>)가 각각 45%, 52.4% 감소함.



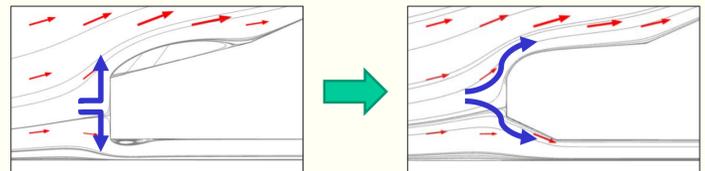
최적화 전 : F<sub>d</sub> = 219.59 [N/m] / C<sub>d</sub> = 0.3938



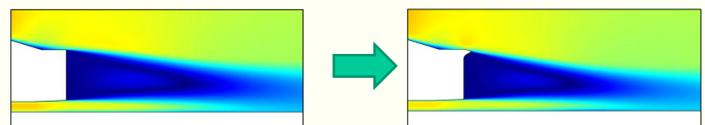
최적화 후 : F<sub>d</sub> = 120.76 [N/m] / C<sub>d</sub> = 0.1876

### 결과 분석

- 차량의 후드와 앞 오버행 부근에서 공기 방향이 급격하게 변하는 현상이 개선되어 와류가 사라짐.



- 트렁크 tail을 적용하여 트렁크 뒤에 작용하는 Vacuum 영역이 좁아졌으며, 트렁크 뒤 항력이 21.9% 작아짐.



Tail x : 127.77 N/m

Tail 0 : 99.79 N/m

## 결론

- 풍동 내에 차량이 있는 상황을 2D로 모델링.
- 공력성능 해석 결과를 기반으로 구속조건 및 설계 변수 설정.
- 최적화 진행 및 결과 분석을 수행함.
- 유체역학 및 CAE 이론을 바탕으로, CFD 분야에서 최적화 진행에 대한 전략 수립, 실행 및 분석을 수행함.