

# Octree 분할과 Cut-cell을 이용한 다면체격자 자동생성 프로그램 개발

2017년 한국전산유체공학회 춘계학술대회

2017년 5월 11일~12일

경주시, 드림센터

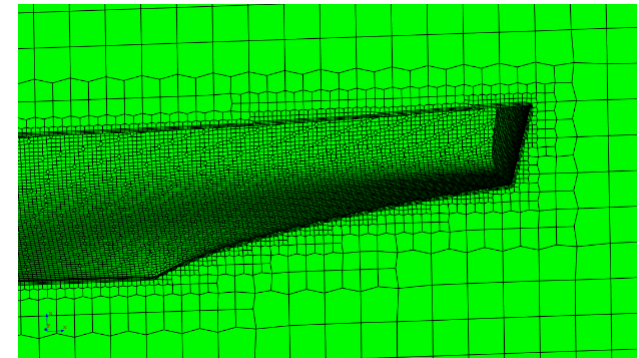
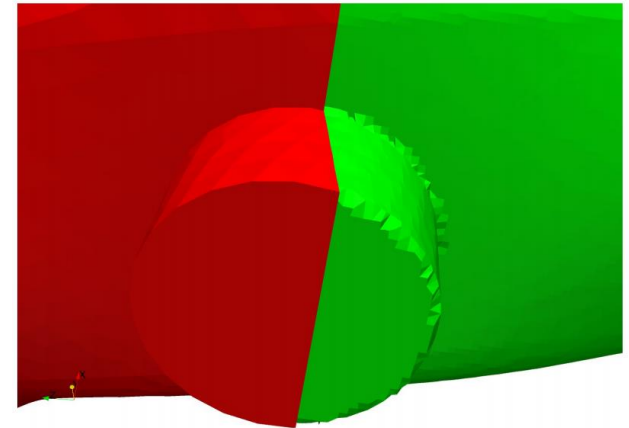
정광열

(주) 넥스트폼

# 연구배경 및 목표

## ➤ 연구배경

- 격자생성에 과도한 시간과 노력이 필요
  - 격자를 쉽게 작성하기 위한 연구가 진행
    - Immersed Boundary Method
    - Particle method (SPH/MPI)
    - 격자 자동생성 알고리즘
- Hexahedral 격자 기반의 자동격자생성 프로그램이 개발됨
  - Star-CCM+의 trimmer mesh
    - 물체형상 표현이 정확하고 효율적인 격자 배치가 가능
  - snappyHexMesh
    - 물체형상을 정확히 표현하지 못하는 경우가 자주 발생
  - cfMesh
    - 정육면체기반으로 작성되어 효율성이 낮음



## ➤ 연구목표

- Hexahedral 기반의 자동 격자생성 알고리즘 개발
  - 정육면체 뿐만 아니라 모든 육면체 격자의 분할
  - 물체형상을 정확하게 구현

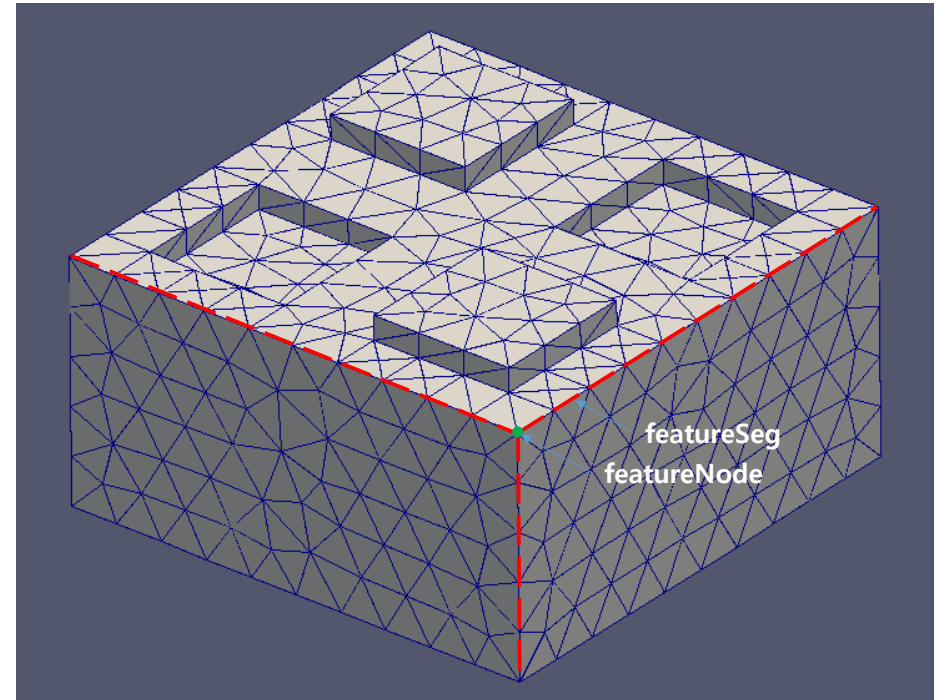
# 용어의 정의

## ➤ 물체의 형상 (STL)

- Element, Segment, Node
- Feature Segment
  - Element간의 각도가 크거나, patch가 다른 element가 공유하는 edge
- Feature Node
  - 3개 이상의 feature segment가 만나는 node

## ➤ 격자계

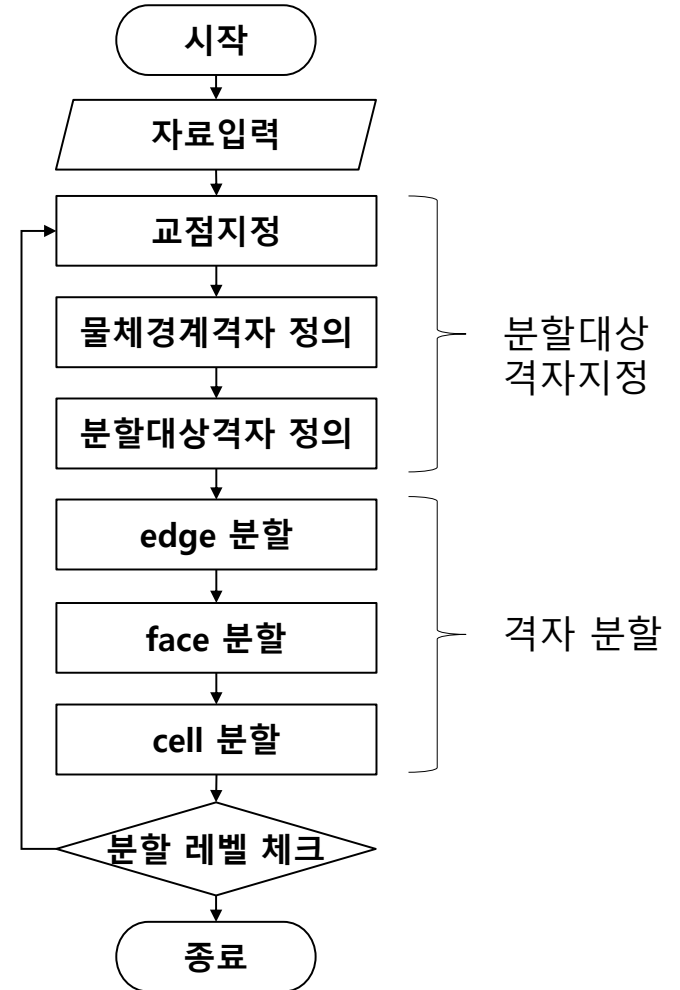
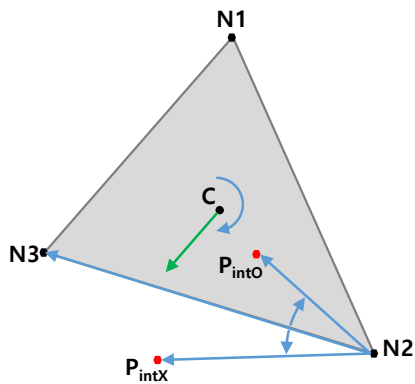
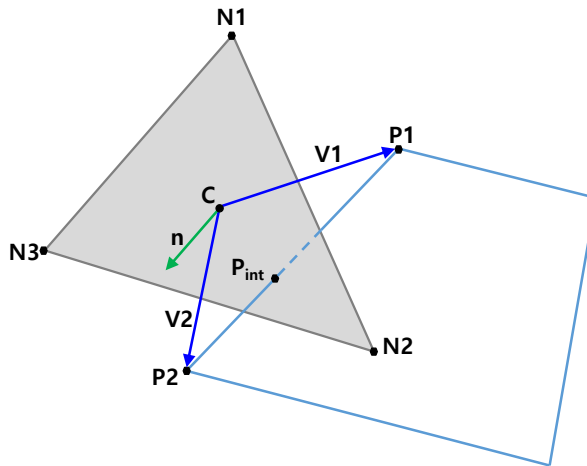
- Cell, Face, Edge, Point
- Feature edge
  - Feature segment에 의하여 생성된 edge
- Feature point
  - Feature node에 의하여 생성된 point



# 격자의 분할

## ➤ 분할 대상 격자의 지정

- 물체면과 격자선의 교점을 포함하는 격자를 분할 대상 격자로 지정
- 격자선과 물체면의 교점 탐색
  - 직선과 평면의 방정식으로 교점 정의

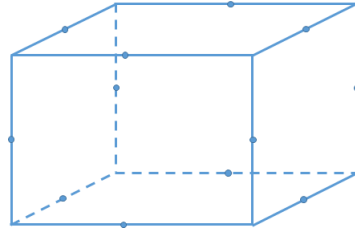


격자분할 순서도

## ➤ 격자의 분할

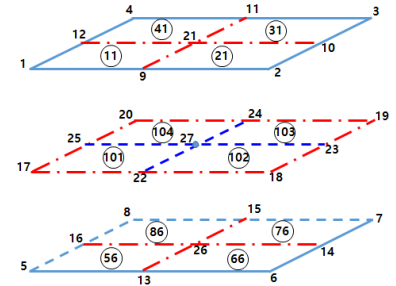
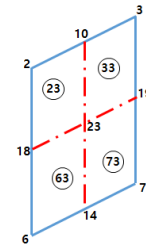
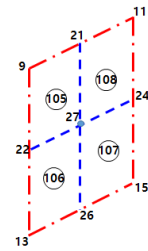
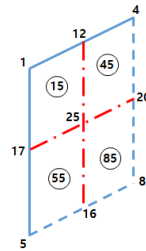
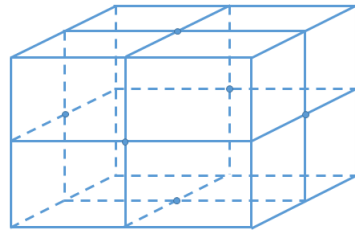
### - Edge 분할

- Face : 6
- Edge : 8 → 16
- Point : 8 → 20



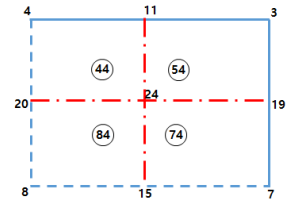
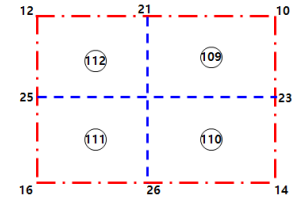
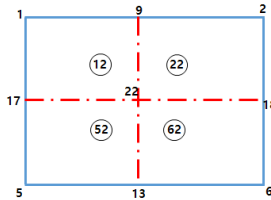
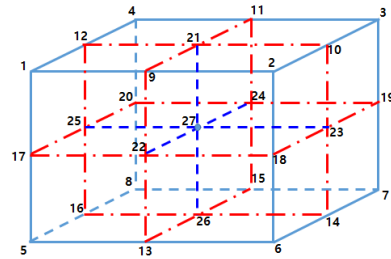
### - Face 분할

- Face : 6 → 24
- Edge : 16 → 48
- Point : 20 → 26



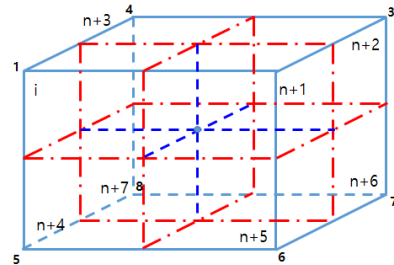
### - Cell 중심점 추가

- Face : 24 → 36
- Edge : 48 → 54
- Point : 26 → 27



### - Cell 분할

- Cell : 1 → 8



# 물체의 형상 정의

## ➤ 교점의 정의

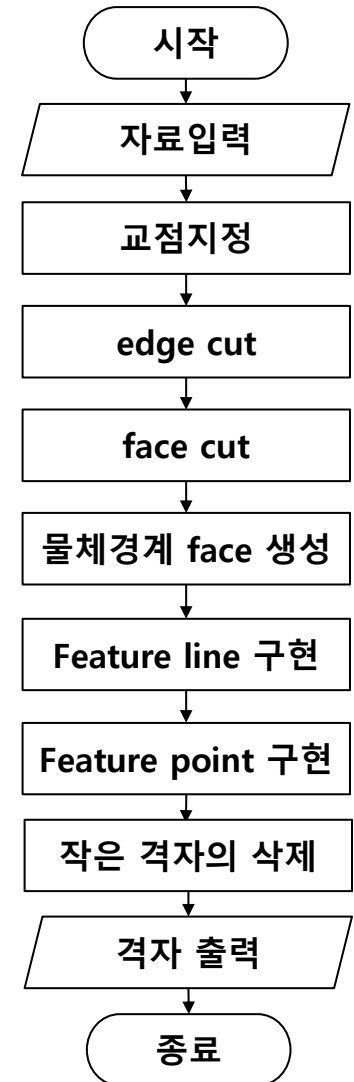
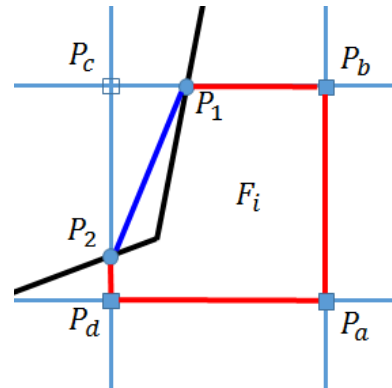
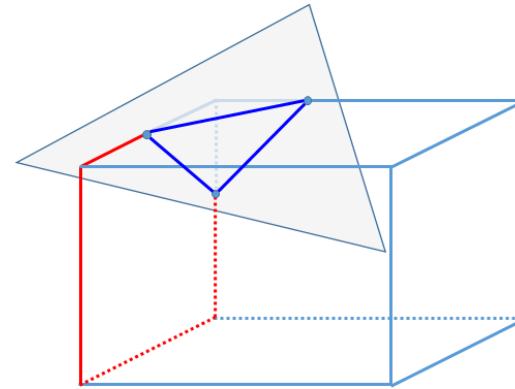
- 격자의 분할 과정의 교점 정의와 동일

## ➤ Edge Cut

- 교점  $P_1$ 으로 edge( $P_bP_c$ )를 분할
  - $P_bP_c \rightarrow P_bP_1+P_1P_c$
- 교점을 face 구성 point에 추가
  - $F_i = (P_a, P_b, P_c, P_d) \rightarrow F_i = (P_a, P_b, P_1, P_c, P_2, P_d)$

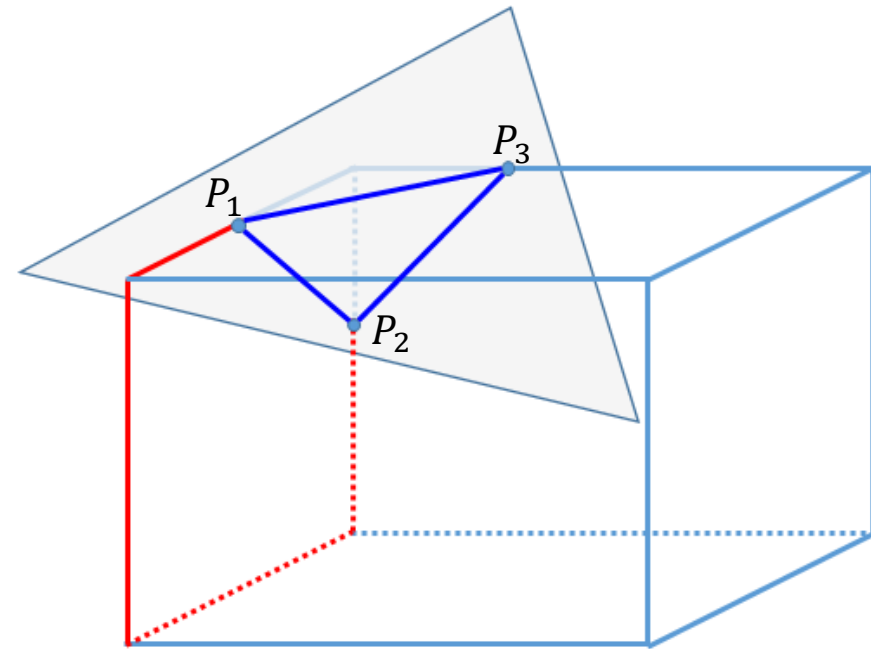
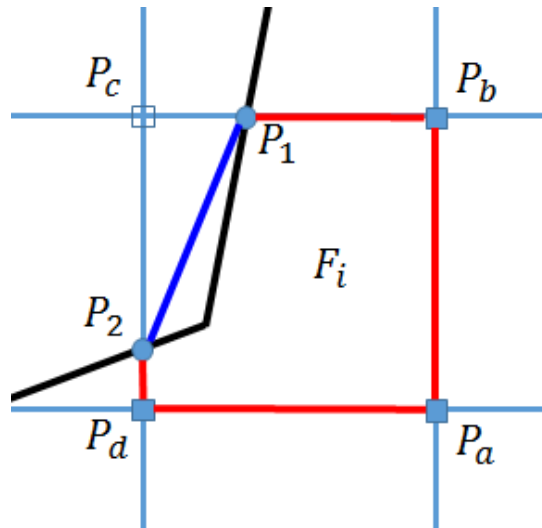
## ➤ Face cut

- Face의 구성 point 중 물체 내부 point는 삭제
  - $F_i = (P_a, P_b, P_1, P_c, P_2, P_d) \rightarrow F_i = (P_a, P_b, P_1, P_2, P_d)$
- Face를 구성하는 point의 수가 '0'인 face는 삭제
  - Cell을 구성하는 face 정보도 수정



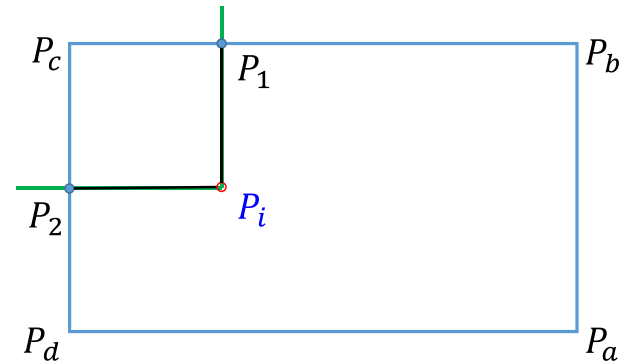
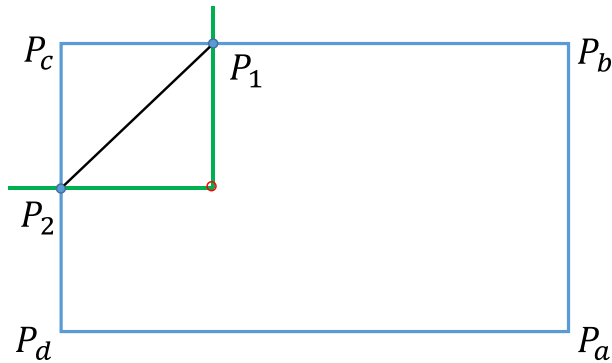
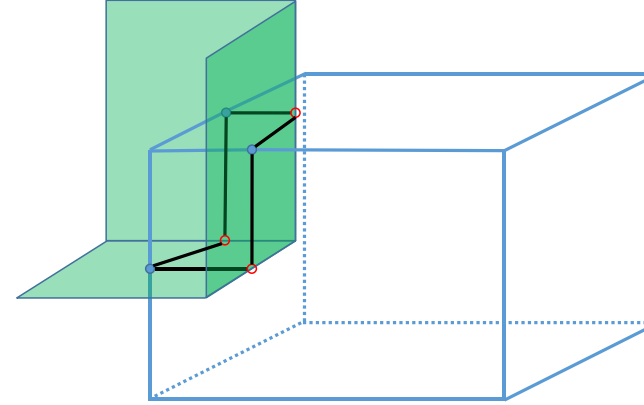
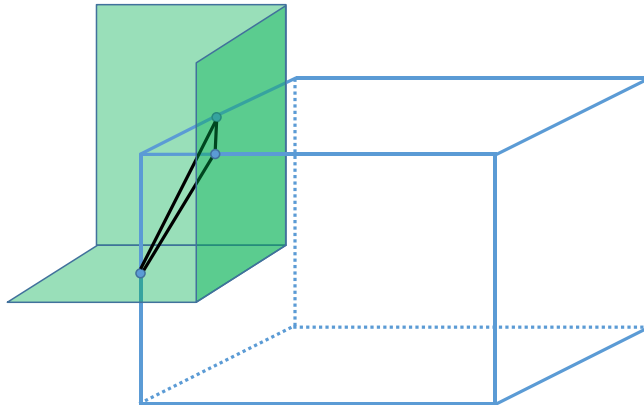
## ➤ 물체경계 face의 생성

- Cell을 구성하는 face 중 교점으로 구성된 edge 를 탐색
  - 아래의 그림의 경우 3개의 face에 3개의 segment가 존재
  - $(P_1P_2)$ ,  $(P_2P_3)$ ,  $(P_3P_1)$
- 탐색된 edge들을 이용하여 face 생성
  - $F_b = (P_1, P_2, P_3)$



## ➤ Feature line 구현

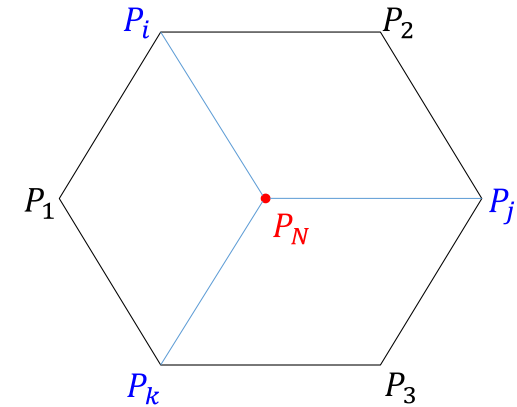
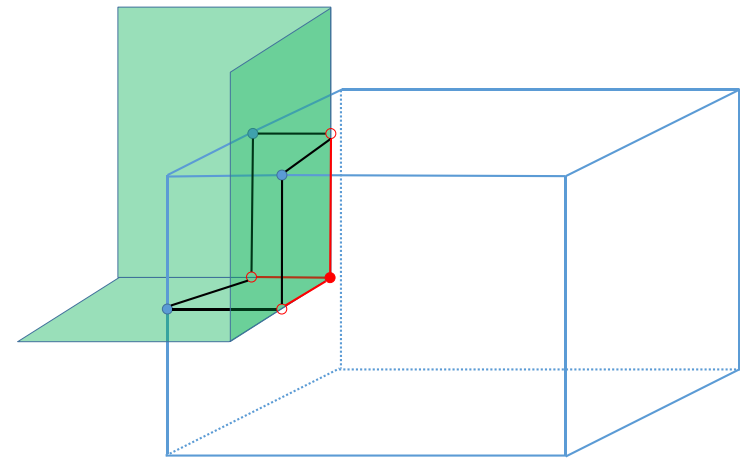
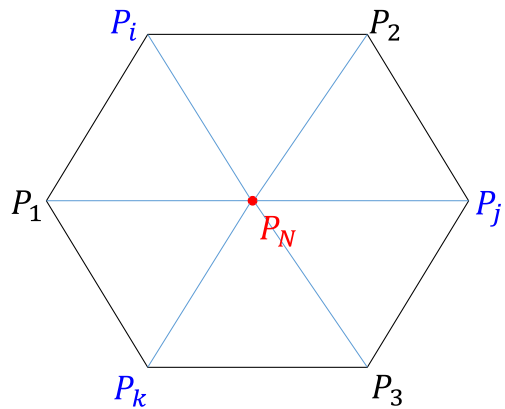
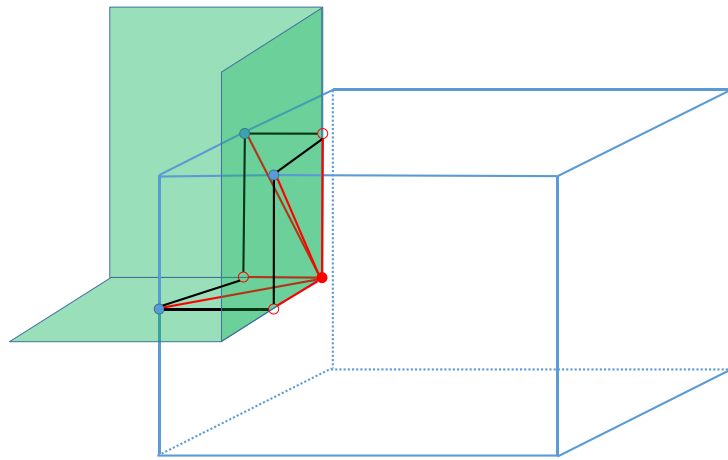
- Feature segment와 face의 교점을 정의
- Feature segment와 face의 교점을 face 구성 point로 추가
  - $F_i = (P_a, P_b, P_1, P_2, P_d) \rightarrow F_i = (P_a, P_b, P_1, P_i, P_2, P_d)$
  - $F_b = (P_1, P_2, P_3) \rightarrow F_b = (P_1, P_i, P_2, P_j, P_3, P_k)$



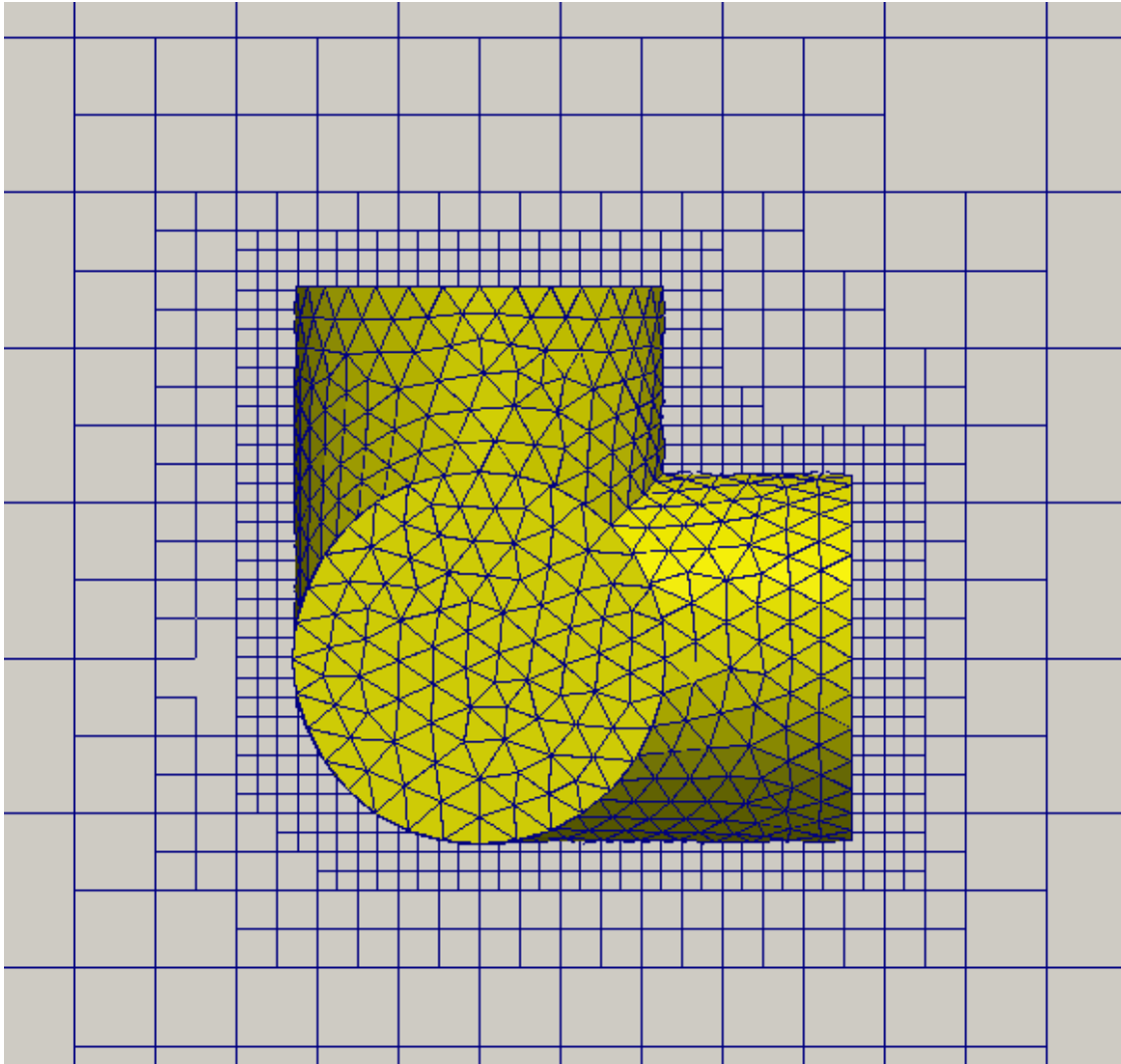
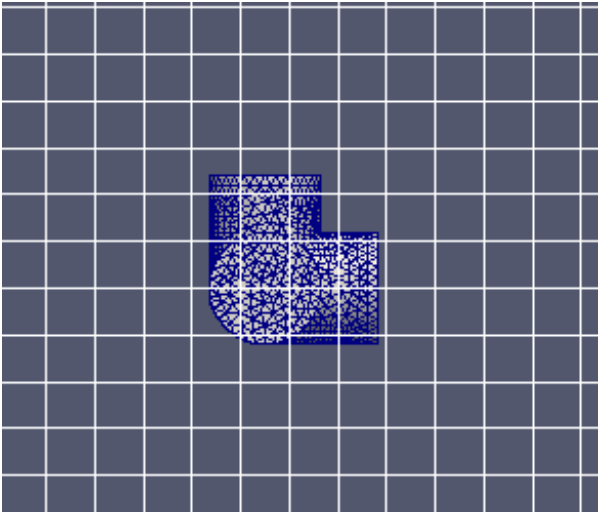
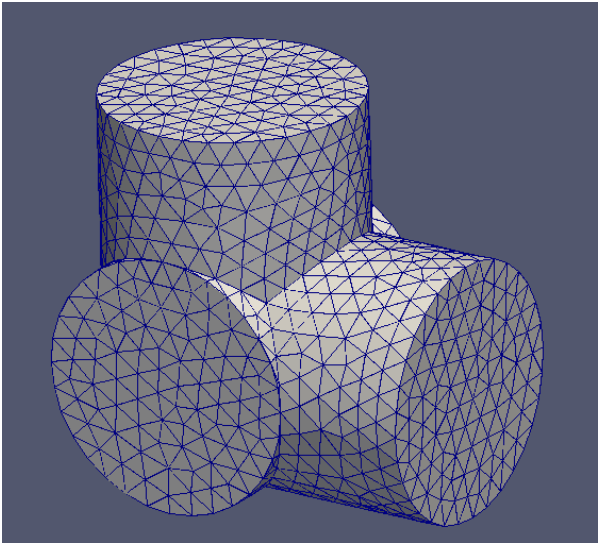


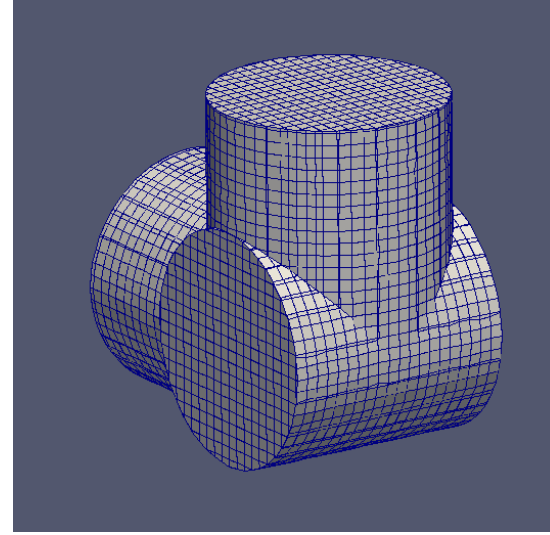
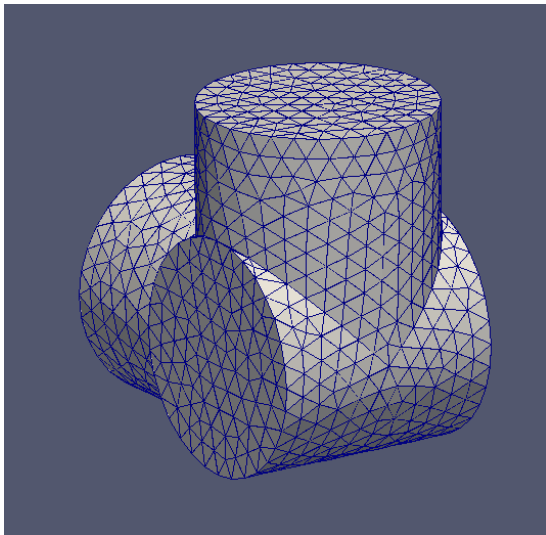
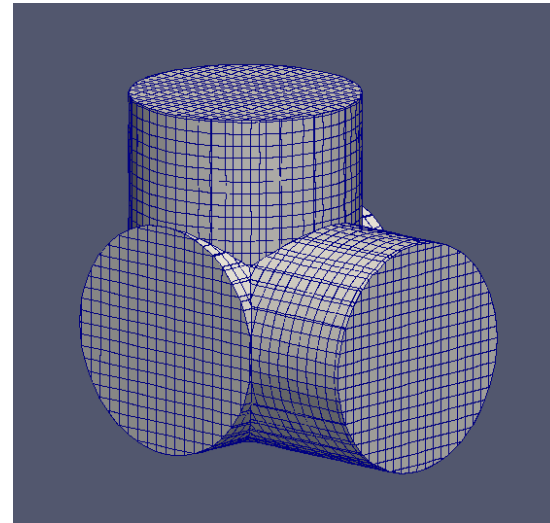
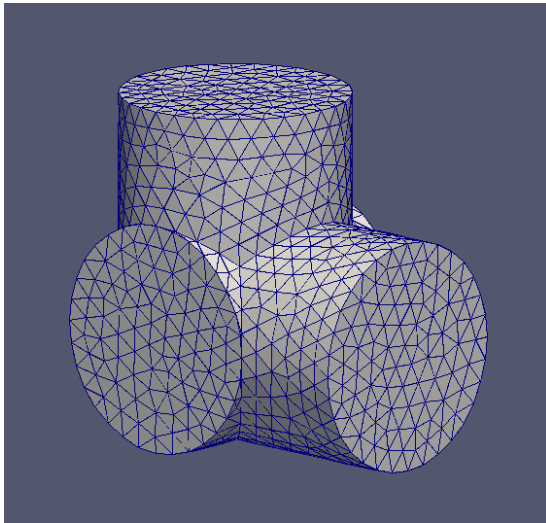
## ➤ Feature point 구현

- Feature node를 중심으로 물체경계면을 삼각형으로 분할
- 이웃한 삼각형 face간의 각도가 작은 경우 병합



# Test 1

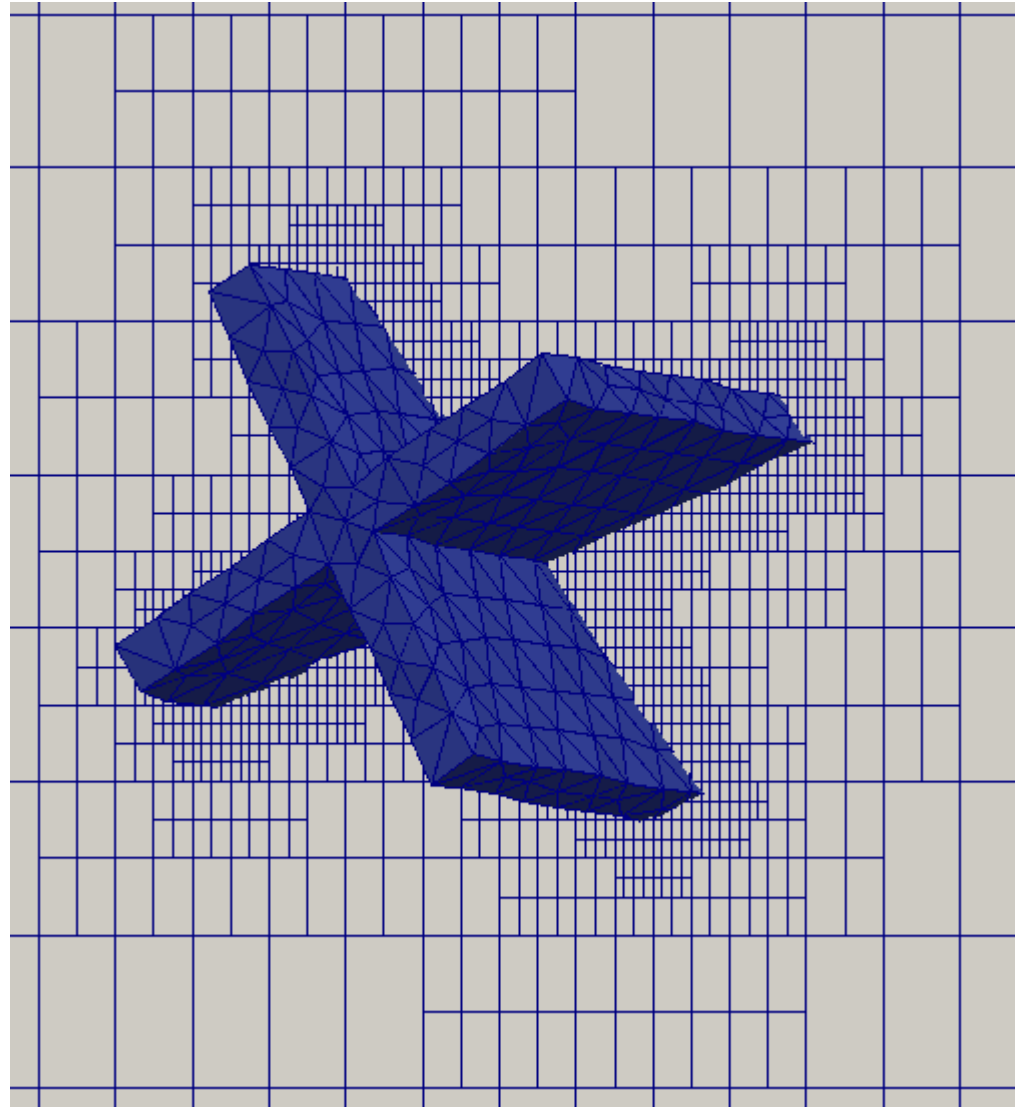
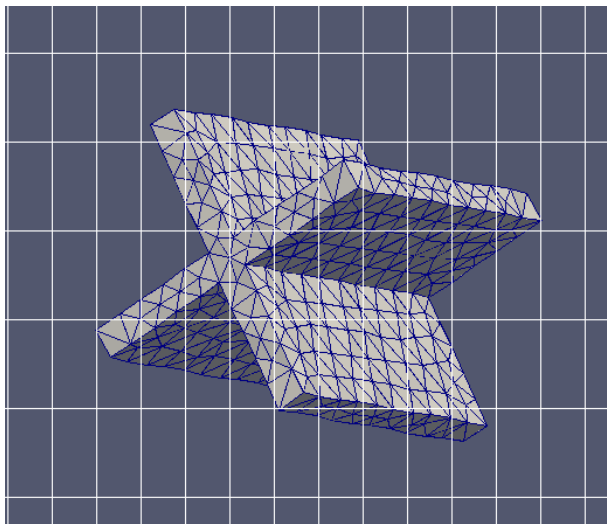
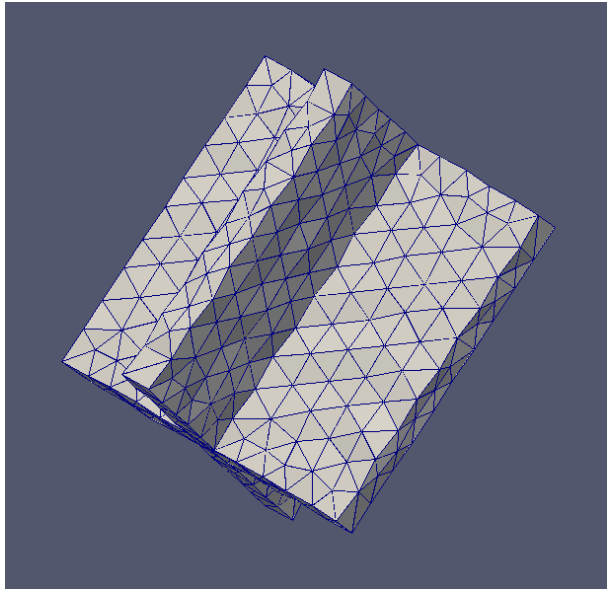


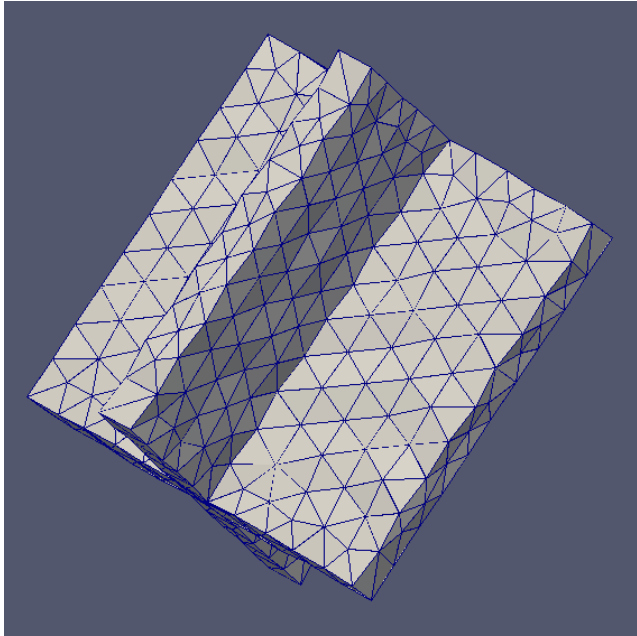


물체 형상

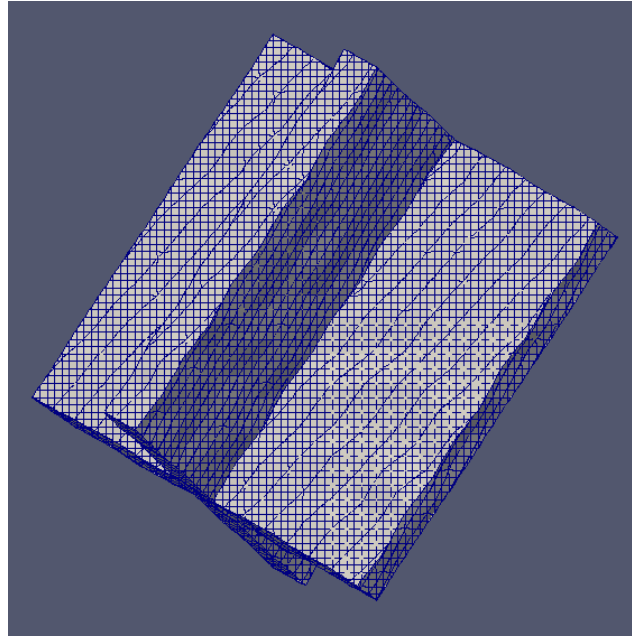
물체경계면

# Test 2

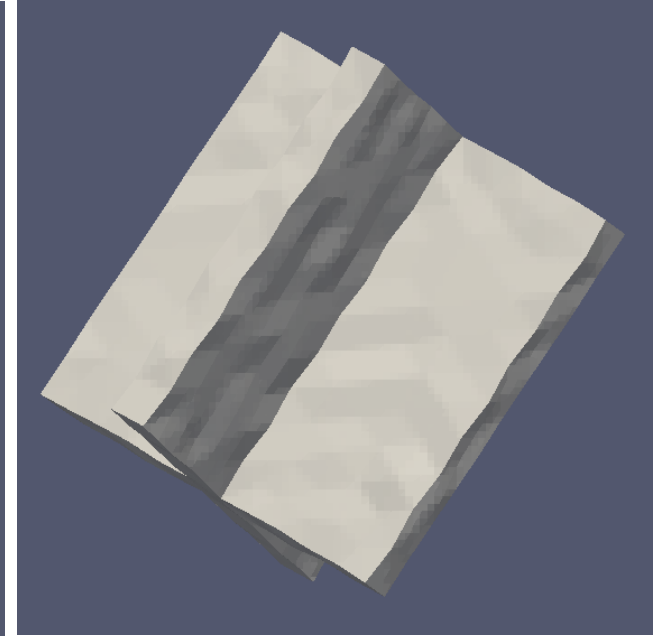




물체 형상



물체경계면



물체경계면

# 결론 및 향후 연구

## ➤ 결론

- Hexahedral 기반의 자동격자 생성 알고리즘 개발
  - 임의의 육면체 격자에서 격자 분할 가능
  - 물체 형상을 정확히 구현 가능

## ➤ 향후 연구

- Concave 격자의 처리 알고리즘 개발
- 작은 격자의 처리 알고리즘 개발
- 경계층 격자 생성 알고리즘 개발

