

NEXTfoam/PR-PRT16-2015-1



Baram-v2.0.2 사용자 매뉴얼

(비압축성 유동과 열전달 해석을 위한 공개 소스 CFD 패키지)

(주)넥스트폼

www.nextfoam.co.kr

Open Source CFD Consulting

NEXTfoam 기술연구소

153-790, 서울특별시 금천구 디지털로 9길 32 A동 1106호(갑을그레이트밸리)

June 2016

문의:

NEXTfoam Co.,Ltd.
153-790, 서울특별시 금천구 디지털로 9길 32
갑을그레이트밸리 A동 1106호
(070) 8796-3011

차례

| | | |
|-----------|--------------------------------|-----------|
| 1 | 개요 | 3 |
| 2 | 설치 및 실행 방법 | 4 |
| 3 | Launcher | 6 |
| 4 | 주화면(main window) | 7 |
| 5 | 메뉴 | 9 |
| 5.1 | File | 9 |
| 5.2 | Mesh | 10 |
| 5.3 | Fields | 11 |
| 5.4 | Report | 13 |
| 5.5 | Postprocessing | 14 |
| 5.6 | Help | 14 |
| 6 | Tool bar | 15 |
| 7 | Simulation conditions | 16 |
| 8 | cfMesh | 17 |
| 8.1 | Select STL file / autoPatch | 18 |
| 8.2 | maxCellSize / Patch Refinement | 18 |
| 8.3 | Object Refinement | 19 |
| 8.4 | Boundary Layer | 19 |
| 9 | Mesh manipulation | 20 |
| 9.1 | Import Mesh | 20 |
| 9.2 | Mesh Manipulation | 21 |
| 9.3 | Display Mesh | 22 |
| 10 | Boundary condition | 23 |
| 10.1 | 경계면 형식 설정 | 23 |
| 10.2 | 경계조건 세부 설정 | 26 |
| 10.3 | 압력 | 27 |
| 10.4 | 난류(k, epsilon, omega) | 29 |
| 10.5 | 온도 | 30 |
| 11 | CellZone condition | 32 |
| 12 | Internal field | 34 |
| 13 | fvSolution | 35 |
| 13.1 | Solvers | 36 |
| 13.2 | SIMPLE/PIMPLE | 37 |
| 13.3 | Relaxation factor | 37 |
| 13.4 | Reference Point | 38 |
| 14 | fvSchemes | 38 |

| | | |
|-----------|----------------------------------|-----------|
| 14.1 | ddtSchemes | 39 |
| 14.2 | interpolation | 39 |
| 14.3 | gradSchemes | 39 |
| 14.4 | snGradSchemes | 39 |
| 14.5 | laplacianSchemes | 40 |
| 14.6 | divergenceSchemes | 40 |
| 15 | Monitoring/Post | 42 |
| 15.1 | Monitoring | 42 |
| 15.2 | 후처리 | 44 |
| 16 | Run condition | 46 |

개요

Baram-v2.0.2은 비압축성 유동 및 열전달 해석을 위한 전산유체역학 프로그램으로 공개 소스 CFD 도구 상자인 OpenFOAM을 기반으로 개발되었다.

(주)넥스트폼이 개발하여 GNU GPL 라이선스 프로그램으로 2016년 6월에 공개하였다.

Baram-v2.0.2의 기능은 다음과 같다.

- 격자 생성 - cfMesh 이용
 - cfMesh는 Creative Fields사에서 개발하여 공개한 격자 생성 프로그램이다.
- 격자 파일 변환 - Fluent, ideasUnv, gmsh, Star-CCM+
- 격자 처리 - check mesh, scale mesh, translate mesh, create baffle
- 정상/비정상상태 비압축성 유동해석
 - (주)넥스트폼에서 개발한 simpleNfoam, pimpleNfoam 솔버 사용
- 정상/비정상상태 열전달 해석
 - (주)넥스트폼에서 개발한 buoyantSimpleNfoam, buoyantPimpleNfoam 솔버 사용
- 후처리
 - monitoring - point, surface, flow rate, force
 - probe location, patch integrate, patch average, force report
 - ParaView

OpenFOAM-2.4.0 버전을 기반으로 제작되었으며 OpenFOAM-2.3.x 버전에서도 사용 가능하다.

사용자 환경은 python2.7, pygtk, vtk, vte를 사용하여 개발되었다.

설치 및 실행 방법

Baram-v2.0.2 프로그램의 설치 방법은 다음과 같다.

- 1) 설치 파일의 압축을 풀면 `install_file_Baram-v2.0.2` 폴더가 생성된다.
- 2) 터미널에서 `install_file_Baram-v2.0.2` 폴더로 이동하여 `install` 파일을 실행한다.
- 3) 터미널에서 Baram을 입력하거나 우분투 메뉴에서 Baram 아이콘을 클릭하면 프로그램이 구동된다.

프로그램이 설치되는 경로는 `$FOAM_USER_APPBIN/` 이다. 설치경로에 `Baram-GUI-v2.0.2` 폴더가 만들어 진다.

`Baram-GUI-v2.0.2` 폴더에는 `basicFlow`, `common`, `detailSetup`, `pic` 등 4개의 폴더와 실행 파일인 `Baram.py` 파일이 생성된다.

`Baram-GUI-v2.0.2` 프로그램이 정상적으로 구동되기 위해서는 다음의 프로그램들이 설치되어 있어야 한다.

- OpenFOAM-2.4.x 혹은 OpenFOAM-2.3.x
 - openfoam.org 사이트 참조
- pyFoam
 - <https://openfoamwiki.net/index.php/Contrib/PyFoam> 사이트 참조
- swak4Foam
 - <https://openfoamwiki.net/index.php/Contrib/swak4Foam> 사이트 참조
- python2.7
 - 대부분의 리눅스 배포판에서는 설치되어 있음.
 - 우분투에서는 synaptic package manager에서 설치할 수 있음
 - www.python.org 사이트 참조
- pygtk
 - 대부분의 리눅스 배포판에서는 설치되어 있음.
 - 우분투에서는 synaptic package manager에서 설치할 수 있음
 - www.pygtk.org 사이트 참조
- vtk
 - 우분투에서는 synaptic package manager에서 설치할 수 있음
 - www.vtk.org 사이트 참조

- vte
 - 우분투에서는 synaptic package manager에서 설치할 수 있음
 - <https://github.com/GNOME/vte> 사이트 참조
- gnuplot
 - 대부분의 리눅스 배포판에서는 설치되어 있음.
 - 우분투에서 설치할 때는 터미널에서 "sudo apt-get install gnuplot"을 실행
- rst2pdf
 - 우분투에서 설치할 때는 터미널에서 "sudo apt-get install rst2pdf"를 실행
- cfMesh
 - Creative Fields Ltd.에서 개발하여 공개한 격자 생성 프로그램
 - cfmehs.com 혹은 <https://sourceforge.net/projects/cfmesh/> 사이트 참조

Launcher

프로그램이 구동되면 그림 3.1와 같은 창이 나타난다.

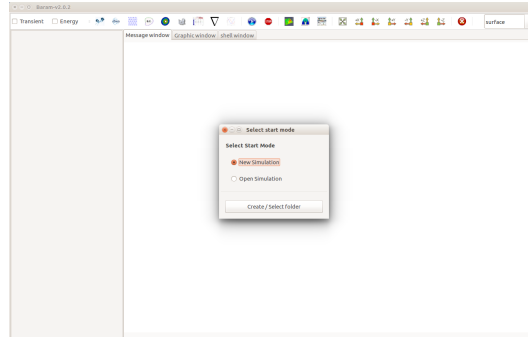


그림 3.1: Launcher

Launcher에서는 새로운 계산을 할 것인지 기존의 작업을 열 것인지를 선택한다.

원하는 항목을 선택하고 'Create/Select folder' 버튼을 누르면 작업 폴더를 선택하는 창이 나타난다. 'New'를 선택했으면 원하는 위치로 이동하여 폴더 이름을 입력하고, 'Open'을 선택했으면 기존 작업 폴더를 선택한다.

주화면(main window)

launcher를 실행하면 그림 4.1와 같은 창이 나타난다.

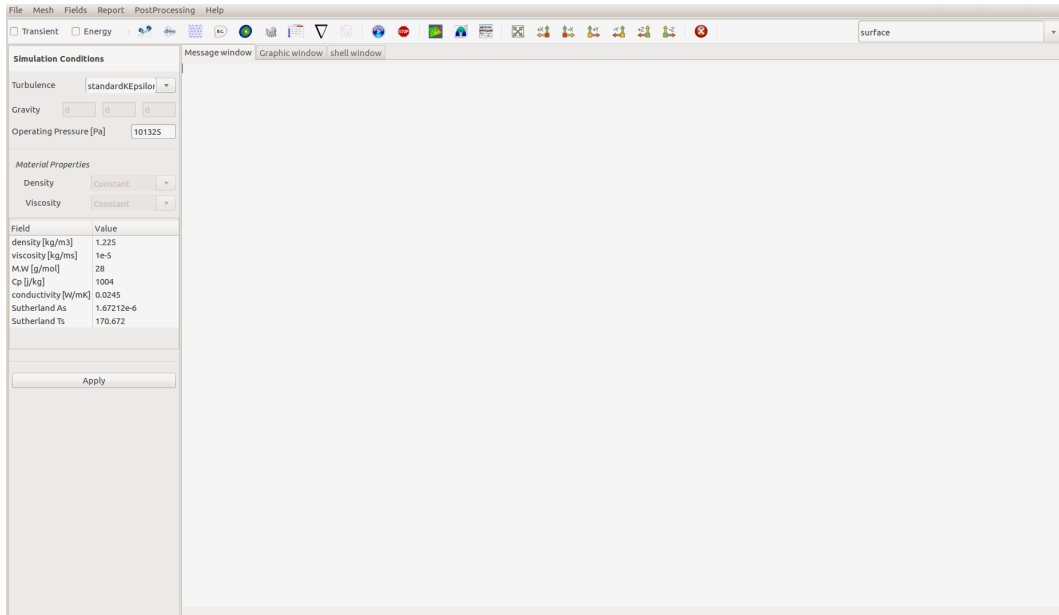


그림 4.1: 주화면

주화면은 다음의 여덟 개의 영역으로 나눌 수 있다.

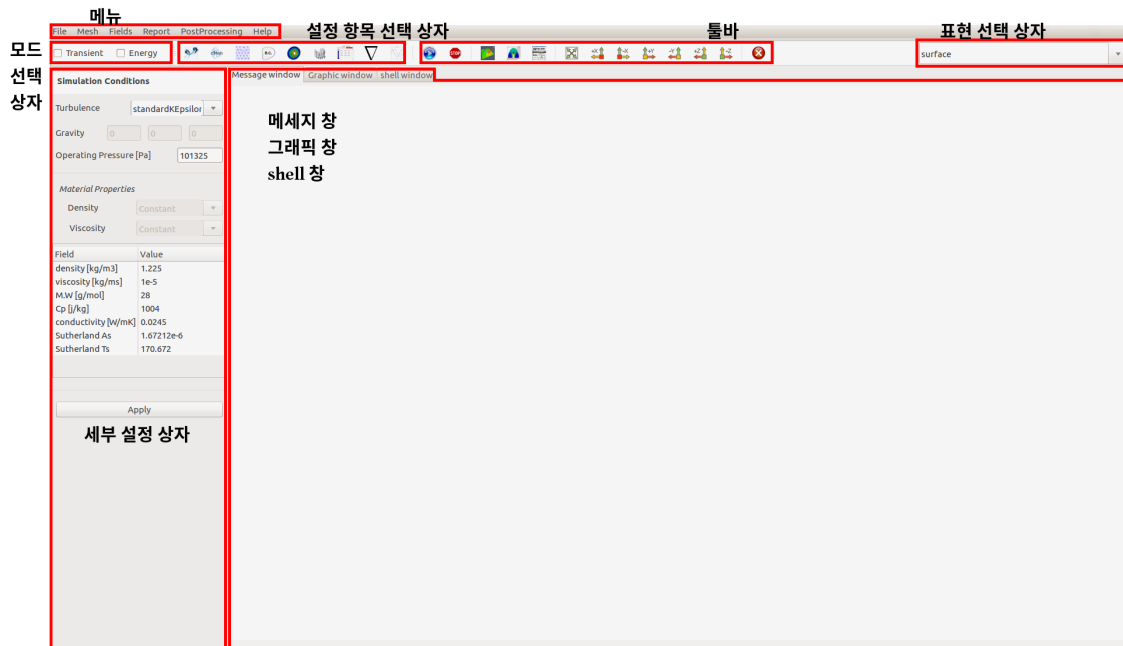


그림 4.2: 주화면 구성

- 메뉴
 - File, Fields, Report, Job-control, Post-processing, Help 등 여섯 개의 메뉴가 있다.
- 툴바
 - 'Stop', 'ParaFoam', 'Reset', 'viewdir.+x', 'viewdir.-x', 'viewdir.+y', 'viewdir.-y', 'viewdir.+z', 'viewdir.-z', 'Close' 등 아이콘이 있다.
- 모드 선택 상자
 - 열전달 계산(에너지방정식 포함) 여부와 비정상상태 계산 여부를 선택한다.
- 설정 항목 선택 상자
 - 설정 항목들이 표시된다. 항목을 클릭하면 세부 설정 상자가 열린다.
- 세부 설정 상자
 - 세부 설정 항목의 선택에 따라 세부 설정 항목이 표시된다.
- 그래픽 창
 - STL 파일과 격자를 보여주는 영역
- 메시지 창
 - 세부 설정의 결과 메시지를 보여준다.
- shell 창
 - shell에서 슬버 및 유틸리티 실행 결과를 보여주고 리눅스 명령을 사용할 수 있다.
- 표현 선택 상자
 - STL 파일과 격자를 보여주는 그래픽 창의 표현을 surface, surfaceEdge 그리고 wire-frame 설정을 선택하여 표현할 수 있다.

그래픽창의 마우스 컨트롤

그래픽 창은 STL 파일이나 격자 확인, 경계조건 설정 시 경계면을 표시, 모니터링 설정 시 위치 표시 등에서 형상 및 격자를 보여주는 영역이다.

마우스 컨트롤 방법은 다음과 같다.

| Order | Control 방법 |
|-------------|--------------------|
| Rotation | Mouse left button |
| Translation | Mouse wheel |
| Zoom in/out | Mouse right button |

표 4.1: 마우스 컨트롤 방법

메뉴

메뉴는 File, Mesh, Fields, Report, Postprocessing, Help 여섯 가지로 구성되어 있다.

File

File 메뉴는 다음과 같은 7개의 항목으로 구성되어 있다.

New simulation

'New simulation'은 새로운 작업을 시작하기 위한 메뉴이다. Launcher에서와 마찬가지로 기능을 하며 새로운 폴더를 설정하기 위한 설정 창이 열린다. 새로운 폴더를 설정하면 메시지 창에 새로 설정한 폴더가 표시되고 현재 작업 폴더가 변경된다.

Open simulation

'Open simulation'은 기존의 작업을 열기 위한 메뉴이다. Launcher에서와 마찬가지로 기능을 하며 기존 작업 폴더를 선택하기 위한 폴더 선택 창이 열린다.

Save As

'Save As'는 현재의 작업을 다른 이름으로 저장하기 위한 메뉴이다. 'New simulation'과 마찬가지로 새로운 폴더를 설정하기 위한 설정 창이 열린다. 모든 설정과 격자, 저장된 데이터들이 다른 이름으로 복사된다.

Clone Case

'Clone Cases'는 저장된 데이터는 가져가지 않는다는 것을 제외하면 'Save As'와 같은 작동을 한다.

Clear Data

'Clear Data'는 현재 작업 폴더에서 저장되어 있는 모든 데이터를 삭제한다.

reconstructPar

'reconstructPar'는 병렬연산을 통해 저장된 데이터가 있을 때 이를 하나의 데이터로 합쳐준다. 명령을 실행하면 그림 5.1와 같은 창이 열린다. 'SourceTime is latestTime', 'SourceTime is All', 'Select time' 등의 세 가지 옵션이 있다.

- 'SourceTime is latestTime' : 마지막 시간에 저장된 데이터만 reconstruct 되고 나머지 데이터는 모두 삭제
- 'SourceTime is All' : 모든 데이터가 reconstruct 된다.
- 'Select time' : 저장된 시간들을 선택하면 선택된 시간의 데이터들만 reconstruct되고 나머지 데이터는 모두 삭제

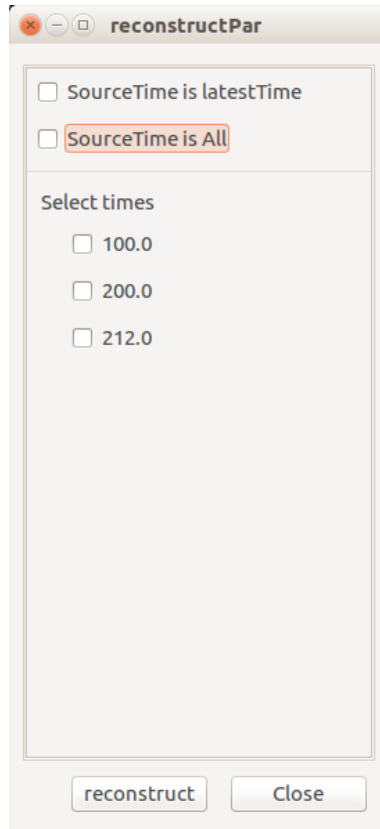


그림 5.1: reconstructPar 설정 창

Exit

프로그램을 종료한다.

Mesh

Check Mesh, Scale Mesh 그리고 Translate Mesh 세 가지 하위 메뉴가 있다.

Scale Mesh

읽어오거나 변환된 격자의 scale을 조정할 필요가 있을 때 사용하는 기능이다. 메뉴를 클릭하면 그림 5.2의 창이 열린다. x,y,z 방향의 scale factor를 입력하고 'Apply' 버튼을 누르면 transformPoints 유틸리티가 실행되어 scale이 조절된다.

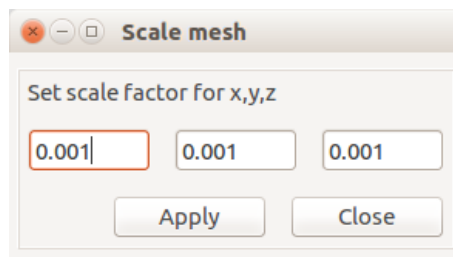


그림 5.2: Scale Mesh 설정 창

Translate Mesh

읽어오거나 변환된 격자의 위치를 이동할 필요가 있을 때 사용하는 기능이다. 메뉴를 클릭하면 그림 5.3의 창이 열린다. x,y,z 방향의 벡터를 입력하고 'Apply' 버튼을 누르면 transform-Points 유틸리티가 실행되어 격자가 이동된다.

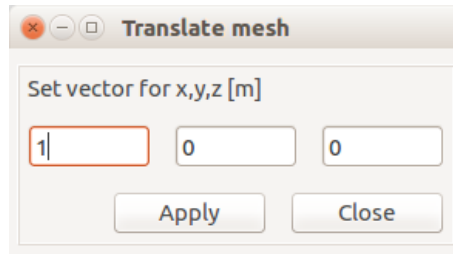


그림 5.3: Translate Mesh 설정 창

Check Mesh

checkMesh 유틸리티를 실행하여 현재 격자의 상태를 shell 창에서 보여준다.

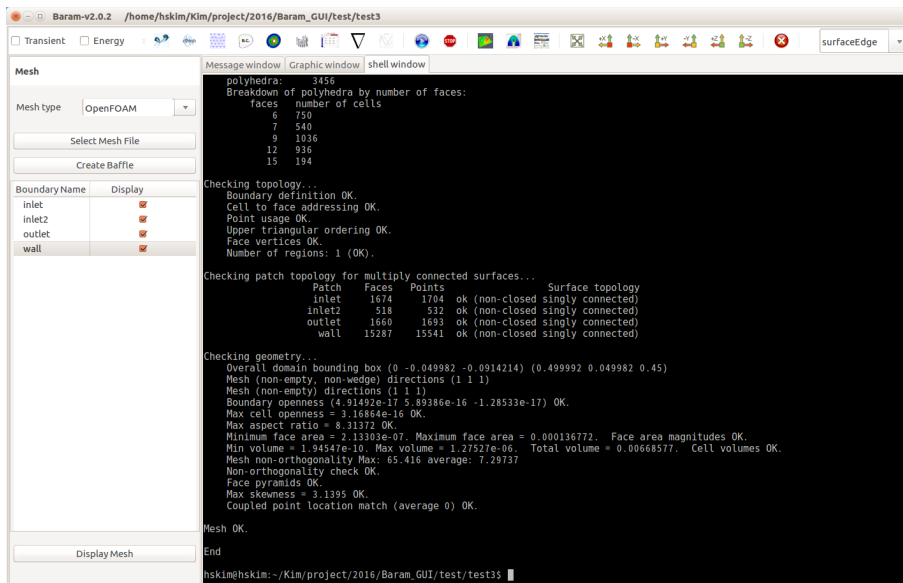


그림 5.4: checkMesh 결과

Fields

mapFields, setFields, yPlusRAS 세 가지 하위 메뉴가 있다.

mapFields

mapFields 유틸리티를 사용하여 다른 계산 결과의 데이터를 현재 격자에 mapping 한다. 메뉴를 실행하면 그림 5.5와 같은 창이 열린다.

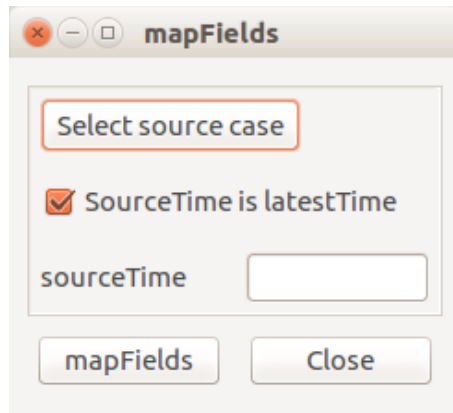


그림 5.5: mapFields 설정 창

'Select source case' 버튼을 누르면 데이터를 가져올 기존 폴더를 선택할 수 있다.

'SourceTime is latestTime'을 선택하면 기존 데이터의 마지막으로 저장된 데이터를 가져온다. 'sourceTime'을 입력하면 입력된 시간의 데이터를 가져온다.

'mapFields' 버튼을 누르면 데이터 mapping이 시작되고 shell 창에 과정이 표시된다. 유틸리티는 다음의 명령으로 실행된다.

```
mapFields -consistent -case <current case> -sourceTime <source time> <source case>
```

setFields

setFields 유틸리티를 사용하여 특정 영역을 일정한 스칼라 값으로 초기화 한다. 메뉴를 실행하면 그림 5.6와 같은 창이 열린다.

'Min. x,y,z'와 'Max. x,y,z'에 두 점의 좌표를 입력하면 이 점으로 만들어지는 육면체 내부가 설정 영역이 된다. 'Display region' 버튼을 클릭하면 그래픽 창에 설정한 영역이 현재 격자와 함께 표시된다.

'Select scalar'에서 스칼라를 선택하고 'default value'와 'fix value'를 입력하고 'setFields' 버튼을 누르면 setFields 유틸리티가 실행되고 그 과정을 shell 창에서 확인할 수 있다. 'fix value'는 선택한 영역 내부의 값이며 'default value'는 영역 이외의 값이다.

yPlusRAS

yPlusRAS 유틸리티를 사용하여 y+ 필드를 만들어 준다. 메뉴를 실행하면 그림 5.7와 같은 창이 열린다.

다음과 같은 다섯 가지 옵션이 있다.

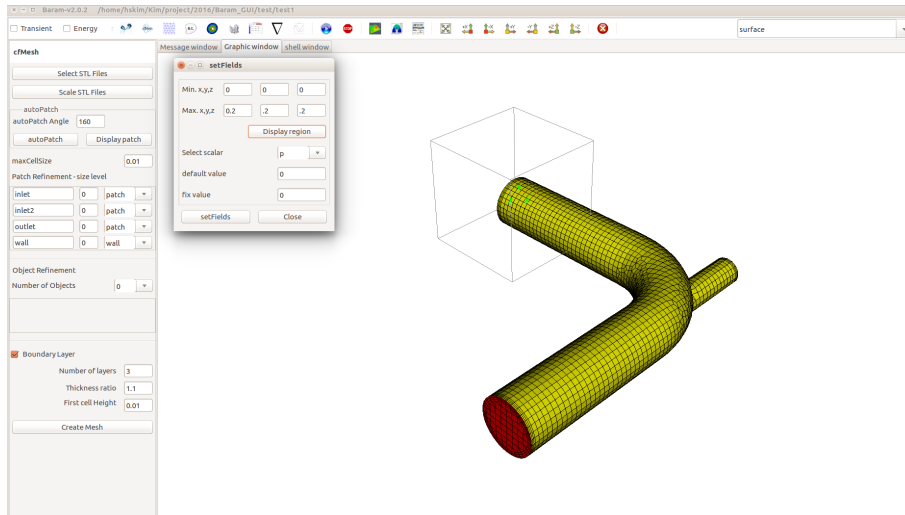


그림 5.6: setFields 설정 창

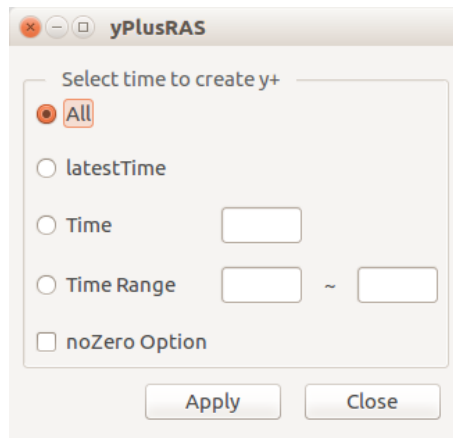


그림 5.7: yPlusRAS 설정 창

- All : 저장된 모든 시간 데이터에 대해 $y+$ 필드를 생성한다.
- latestTime : 마지막 저장된 데이터에 대해 $y+$ 필드를 생성한다.
- Time : 입력한 시간 데이터에 대해 $y+$ 필드를 생성한다.
- Time Range : 입력한 시간 범위 내의 데이터에 대해 $y+$ 필드를 생성한다.
- noZero Option : 0 폴더의 데이터는 제외한다.

Report

pyFoamCaseReport.py 프로그램을 이용하여 현재 계산 case의 설정을 표시해 준다.

'caseReport'는 현재 작업 폴더에 caseReport 라는 이름의 텍스트 파일을 만들고 GUI 창에서 보여준다. 'createPdf'는 현재 작업 폴더에 caseReport.pdf 라는 이름의 파일을 만들고 evince 프로그램에서 파일을 보여준다.

Postprocessing

'paraFoam'과 'paraFoam -builtin' 두 가지 항목이 있다. 'paraFoam -builtin'은 paraview의 기본 옵션에 의해 paraview가 구동된다. 'paraFoam'을 실행했을 때 병렬연산에 의해 decompose 된 결과들을 확인할 수 없기 때문에 -builtin 옵션의 사용이 필요하다.

Help

사용자 매뉴얼을 pdf 파일로 보여준다. pdf 파일 뷰어인 evince 프로그램을 사용한다.

Tool bar

'Run / Stop', 'Patch Scalar/ Cutting plane / ParaFoam', 'Camera Controls', 'Close' 네 개의 부분으로 구성된다.

'Run'을 클릭하면 현재 지정한 설정들로 계산이 시작된다. 'Stop'을 클릭하면 현재 계산 중인 문제의 controlDict 파일의 stopAt을 writeNow로 바꿔주어 데이터를 저장하고 계산을 종료한다.

'Patch Scalar'를 클릭하면 계산 결과를 그래픽 창에 표현한다. 'Cutting plane'은 사용자가 설정한 plane으로 유동장 영역을 잘라 결과를 표현한다. 'ParaFoam'을 클릭하면 'paraFoam -builtin' 시스템 명령을 수행한다. 메뉴의 'paraFoam -builtin'과 같은 동작이다.


'Camera Controls' 부분은 그래픽 창에 디스플레이된 화면의 view point를 설정해 준다.

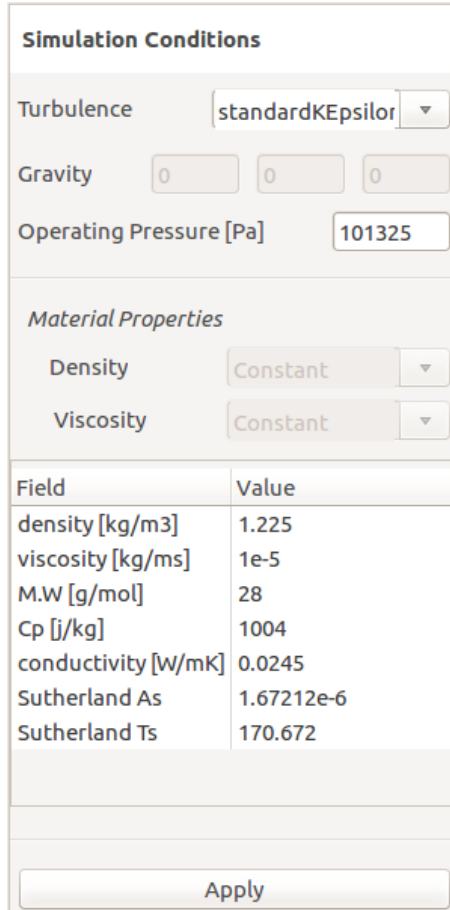
'Close'를 클릭하면 현재 GUI를 종료한다.



그림 6.1: tool bar

Simulation conditions

 (Simulation Condition) 아이콘을 클릭하면 세부 설정 상자가 그림 7.1와 같이 나타난다.



| Field | Value |
|---------------------|------------|
| density [kg/m3] | 1.225 |
| viscosity [kg/ms] | 1e-5 |
| M.W [g/mol] | 28 |
| Cp [j/kg] | 1004 |
| conductivity [W/mK] | 0.0245 |
| Sutherland As | 1.67212e-6 |
| Sutherland Ts | 170.672 |


그림 7.1: Simulation conditions freepanel

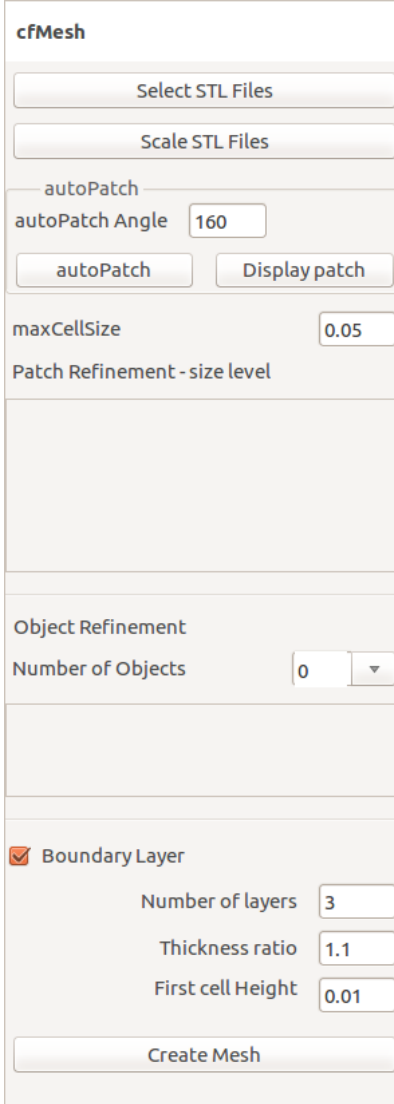
계산에 필요한 기본적인 설정을 입력한다. 해당 설정의 Value 값을 클릭하여 수정할 수 있다.

- 난류 모델
 - laminar, standardKEpsilon, RNGkEpsilon, realizableKE, kOmegaSST 등의 옵션을 선택할 수 있다.
 - (주)넥스트폼에서 안정성 향상을 위해 수정한 모델을 사용한다.
- 중력
 - 중력가속도를 벡터로 입력한다.
 - 열 전달 계산을 할 때만 선택 가능하다.

- 물성 값
 - 비압축성 유동일 때는 밀도와 점성계수를 입력한다.
 - 열 전달 계산을 할 때는 constant 혹은 Perfect gas 중 하나를 선택할 수 있다.
 - Perfect gas를 사용할 때 점성계수와 열전도도는 constant 혹은 sutherland를 사용할 수 있다.

cfMesh

 (cfMesh) 아이콘을 클릭하면 격자 생성을 위한 세부 설정 상자가 그림 8.1와 같이 나타난다.



cfMesh

Select STL Files

Scale STL Files

autoPatch

autoPatch Angle 160

autoPatch Display patch

maxCellSize 0.05

Patch Refinement - size level

Object Refinement

Number of Objects 0

Boundary Layer

Number of layers 3

Thickness ratio 1.1

First cell Height 0.01

Create Mesh

그림 8.1: cfMesh 세부 설정 상자 snappyHexMesh freepanel

Select STL file / autoPatch

cfMesh를 이용하여 격자를 생성할 수 있는 부분이다.

'Select STL file' 버튼을 누르면 STL 파일을 선택할 수 있는 창이 열린다. 파일을 선택하면 그래픽 창에 선택한 STL 파일이 표시된다.

STL 파일이 여러 개의 region으로 구분되어 있다면 region 별로 다른 색깔로 표시되고 아래의 'Patch Refinement - size level'에 각각의 region이 표시된다.

구분된 region이 경계면 설정에 부족하거나 region 구분이 되어 있지 않을 경우 autoPatch 기능을 이용하여 STL 파일을 여러 부분으로 나눌 수 있다. 'autoPatch' 버튼을 누르면 'autoPatch Angle'에 주어진 각도를 이용하여 STL 파일을 나누고 그 결과가 'Patch Refinement - size level'에 나타난다.

'Display patch' 버튼을 누르면 그림 8.2과 같이 patch를 선택할 수 있는 창이 열리고 'Show Mesh' 버튼을 누르면 선택한 면들이 표시된다.

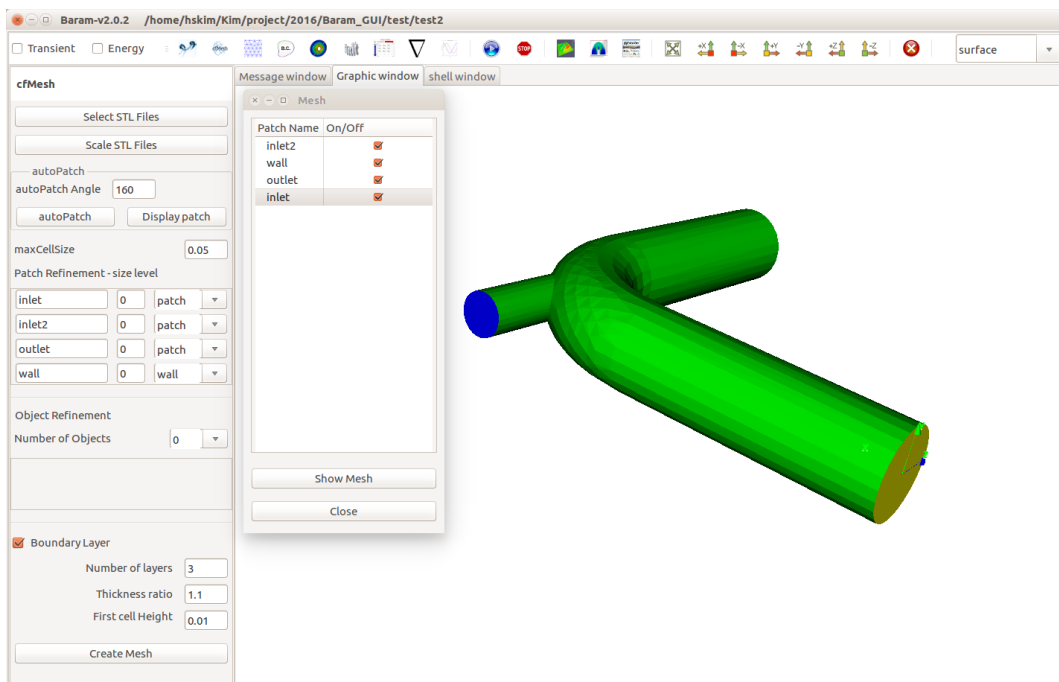


그림 8.2: STL 파일 표시

maxCellSize / Patch Refinement

'maxCellSize'에는 최대 격자 크기를 입력한다. 단위는 [m]이다. 이 크기를 기준으로 size-level이 1씩 커질 수록 격자 크기는 반으로 줄어든다.

'Patch Refinement'에서 각 patch의 이름을 변경할 수 있으며 size level, 경계면의 속성을 설정할 수 있다.

Object Refinement

특정 영역의 격자 크기를 조절 할 수 있는 부분이다. 영역의 설정은 box와 sphere 두 가지 방법으로 가능하다. 'Number of Objects'에 영역의 개수를 선택하면 개수 만큼의 영역이 생성된다. 'Set' 버튼을 누르면 box, sphere 각각에 대한 설정 창이 그림 8.3과 같이 열린다. 수치를 입력하고 'Show Object' 버튼을 누르면 그래픽 창에서 설정한 영역을 STL 파일과 함께 확인할 수 있다.

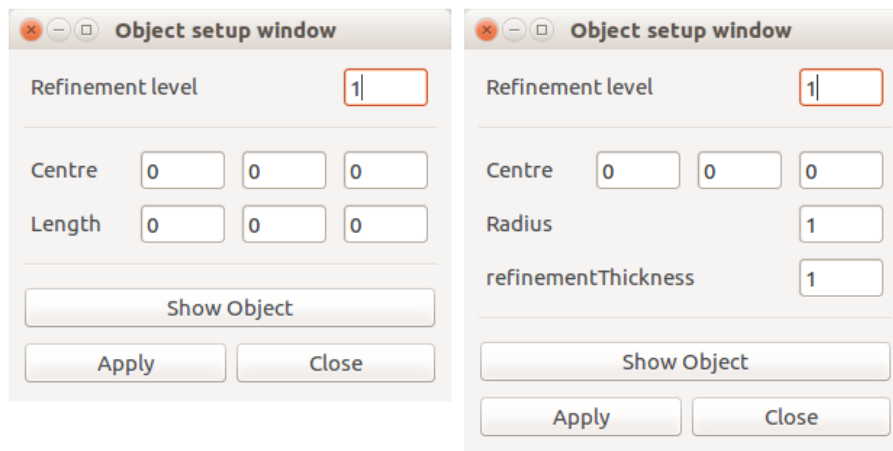


그림 8.3: 영역 설정 창. (좌) box, (우) sphere


Boundary Layer

'Boundary Layer' 체크 버튼을 활성화 하면 경계층 격자를 생성한다. 경계층의 개수, 벽면에서 첫번째 격자의 높이([m]), 첫번째 격자부터 높이가 커지는 비율을 입력한다.

'Create Mesh' 버튼을 누르면 meshDict 파일이 생성되고 cfMesh가 실행된다.

격자 생성이 완료되면 그래픽 창에 격자가 표시된다.

Mesh manipulation

 (Mesh manipulation)를 클릭하면 세부 설정 상자가 그림 9.1와 같이 나타난다.

'Import Mesh', 'Mesh Manipulation', 'Display Mesh'의 세 부분으로 구성된다.

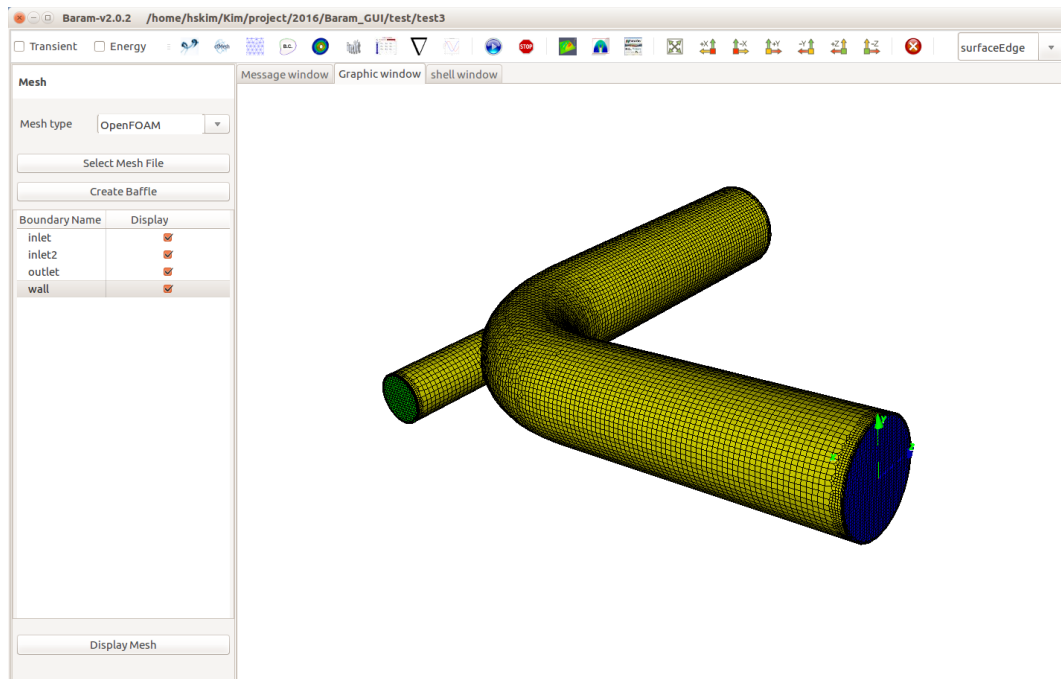


그림 9.1: Mesh freepanel

Import Mesh

'Import Mesh'는 오픈폼 격자를 읽어 오거나 외부 격자를 변환하기 위한 부분이다. 'OpenFOAM'과 'Convert Mesh' 두 개의 옵션이 있다.

'OpenFOAM'을 선택하면 기존 오픈폼 격자(polyMesh 폴더)를 현재의 작업 폴더로 가져 온다.

'Convert Mesh'를 선택하면 외부 격자를 변환한다. 격자 변환에 사용할 유틸리티를 선택해야 한다. 유틸리티는 다음의 다섯 가지가 제공된다. fluentMeshToFoam, fluent3DMeshToFoam을 사용할 때 격자는 반드시 아스키 형식으로 저장된 파일이어야 한다.

ccm26ToFoam 유틸리티를 사용하려면 libccmio 라이브러리가 필요하다. 이 라이브러리는 공개 소스가 아니며 CD-Adapco가 소유권을 갖고 있다. 따라서 오픈폼을 설치하더라도 이 라이브러리는 CD-Adapco에서 받아야 한다.

- fluentMeshToFoam
- fluent3DMeshToFoam
- ideasUnvToFoam
- gmshToFoam
- ccm26ToFoam

'Select Mesh' 버튼을 누르면 'OpenFOAM'이 선택된 상태에서는 폴더를 선택할 수 있는 창이 열리고 'Convert Mesh'가 선택된 상태에서는 파일을 선택할 수 있는 창이 열린다. polyMesh 폴더 혹은 격자 파일이 선택되면 복사 혹은 격자 변환 유틸리티가 실행된다.

fluentMeshToFoam의 경우 -writeZones, -writeSets 옵션을 사용한다. 이 옵션들을 사용하면 Fluent에서 설정한 cell zone 정보들과 baffle의 정보들을 오픈폼에서 cellZone이나 cellSet으로 가져온다. cell zone 정보들은 오픈폼에서 MRF, porous 등의 cellZone 조건을 설정할 때 반드시 필요하다. 계산 영역 내부에 존재하는 경계면(interior 혹은 wall)의 정보는 오픈폼의 경계면으로 가져오지 않으며 -writeSets 옵션을 사용할 때 faceSet 정보로 가져온다.

fluent3DMeshToFoam은 별도의 옵션이 없다. Fluent의 cas 파일을 변환하는 경우에 한해 wall과 shadow-wall의 정보를 모두 가져와 baffle을 경계면으로 인식한다. 그리고 이 유틸리티는 2차원 격자를 변환하지 못한다.

Mesh Manipulation

Create Baffle

계산 영역 내부에 존재하는 경계면을 생성한다.

"create baffle" 버튼을 누르면 그림 9.2의 창이 열린다.

이 창에서 표시되는 항목들은 파일을 변환하면서 생긴 faceZone 들이다. fluent의 msh 파일을 fluentMeshToFoam 유틸리티로 변환하면 두께가 없는 thin wall 들은 경계면(patch)으로 변환되지 않으며 faceZone으로만 변환된다. 따라서 임펠러나 배플 등이 두께가 없이 모델링 되었다면 createBaffle 유틸리티를 사용해서 patch로 만들어 주어야 한다.

faceZone들 중에서 baffle로 만들 면을 선택하고 Apply 버튼을 누르면 createBaffle 유틸리티의 디렉터리 파일이 만들어지고 유틸리티가 실행된다. 유틸리티가 실행 완료 되면 선택한 faceZone 이름에 _master, _slave가 붙은 이름으로 경계면 목록에 추가 된다.(imp라는 항목을 선택했다면 imp_master, imp_slave 두개의 patch가 만들어 진다.)

fluent의 cas 파일을 fluent3DMeshToFoam 유틸리티로 변환하면 이 과정은 필요없다.

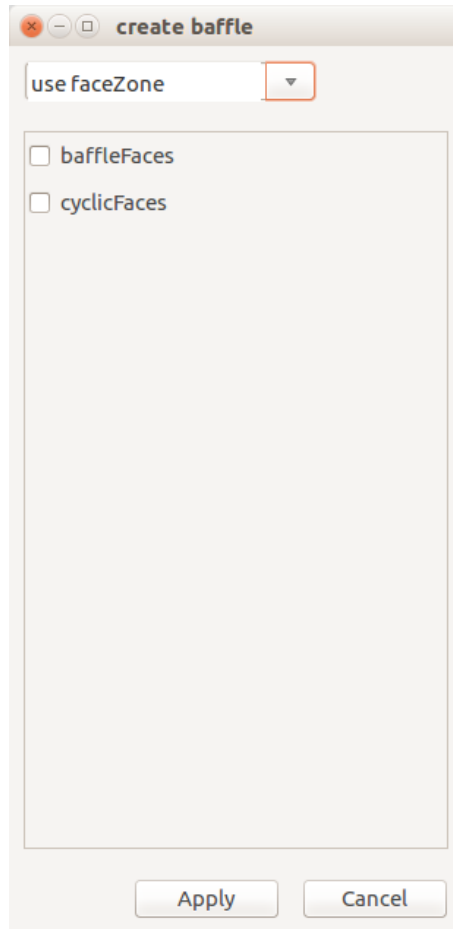



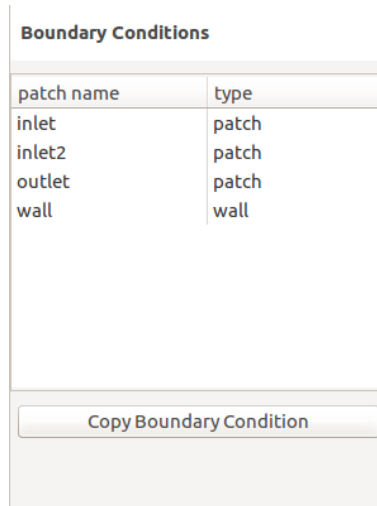
그림 9.2: create baffle window

Display Mesh

표시할 경계면을 선택하고 'Display Mesh' 버튼을 누르면 그래픽 창에 격자가 표시된다. 좌표축은 (0 0 0)의 위치에 표시된다. cellZone이 있을 경우 cellZone도 표시된다.

Boundary condition

 (Boundary conditions)을 클릭하면 상세설정 창(free panel)이 그림 10.1와 같이 나타난다.



The image shows a dialog box titled "Boundary Conditions". It contains a table with two columns: "patch name" and "type". The table lists four entries: "inlet" (patch), "inlet2" (patch), "outlet" (patch), and "wall" (wall). Below the table is a button labeled "Copy Boundary Condition".

| patch name | type |
|------------|-------|
| inlet | patch |
| inlet2 | patch |
| outlet | patch |
| wall | wall |

그림 10.1: Boundary condition freepanel

왼쪽에 현재 격자의 경계면들의 이름이 나타나고 그 오른쪽에 경계면의 형식을 선택할 수 있다. 경계면의 형식은 현재 격자에서 설정되어 있는 조건이 나타난다. 경계면 형식은 constant/polyMesh/boundary 파일에서 정의 되는 type을 의미하는데 wall, patch, symmetry 등을 선택할 수 있다.

경계면의 이름을 더블 클릭하면 각 면에 대한 세부 설정을 수정 할 수 있다.

경계면 형식 설정

경계면 형식은 wall, patch, symmetry, symmetryPlane, empty, cyclicAMI, mappedWall 등이 있다. 원하는 형식으로 변경할 수 있으나 empty, mappedWall 조건은 변경할 수 없다.

경계면 형식을 변경하면 changeDictionary 유틸리티를 사용하여 polyMesh/boundary 파일이 변경 된다.

wall, patch, symmetry, symmetryPlane 등으로 변경할 때는 별도의 설정이 필요하지 않지만 cyclicAMI로 변경할 때는 추가적인 설정이 필요하다. cyclicAMI로 변경하면 그림 10.2의 창이 나타난다.

cyclicAMI 조건은 non-conformal interface, rotational cyclic, translational cyclic 등 세 가지 조건에 대해 사용할 수 있으며 원하는 항목을 선택하고 'Apply' 버튼을 누르면 그에 따른 새로운 창이 나타난다.

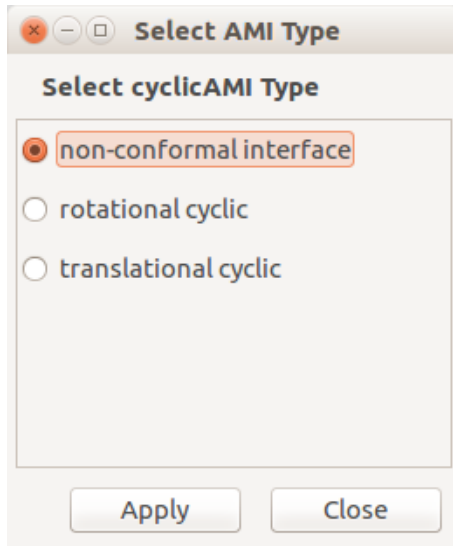


그림 10.2: cyclicAMI 세부 설정 창

non-conformal interface

non-conformal interface를 선택하면 그림 10.3의 창이 나타난다.

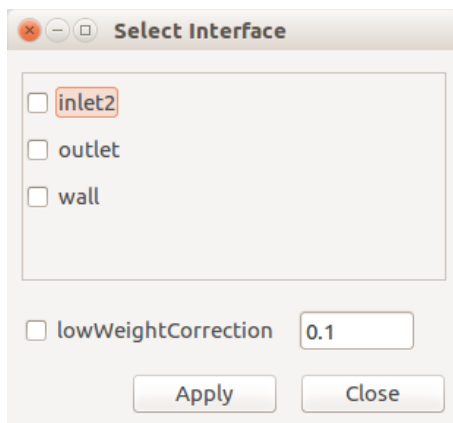


그림 10.3: non-conformal interface 세부 설정 창

변경하고자 하는 경계면과 쌍을 이루는 면을 선택하고 lowWeightCorrection을 사용할 것인지를 선택하고 사용한다면 그 값을 입력한다. 'Apply' 버튼을 누르면 changeDictionary 유틸리티를 사용하여 경계면의 형식이 변경된다.

rotational cyclic

rotational cyclic을 선택하면 그림 10.4의 창이 나타난다.

변경하고자 하는 경계면과 쌍을 이루는 면을 선택하고 회전중심의 좌표와 회전축을 선택한다. 'Apply' 버튼을 누르면 changeDictionary 유틸리티를 사용하여 경계면의 형식이 변경된다.

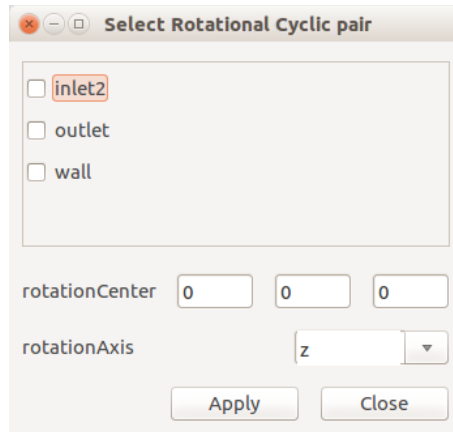


그림 10.4: rotation cyclicAMI 세부 설정 창

translational cyclic

translational cyclic을 선택하면 그림 10.5의 창이 나타난다.

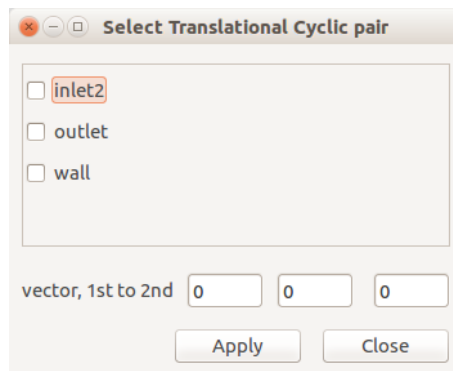


그림 10.5: translational cyclicAMI 세부 설정 창

변경하고자 하는 경계면과 쌍을 이루는 면을 선택하고 두 면 사이의 방향 벡터를 입력한다. 'Apply' 버튼을 누르면 changeDictionary 유틸리티를 사용하여 경계면의 형식이 변경된다.

경계조건 세부 설정

경계면 이름을 더블 클릭하면 그림 10.6의 세부 설정창이 나타난다. 속도, 압력, 온도, 난류 부분(k, epsilon/omega)으로 구성된다.

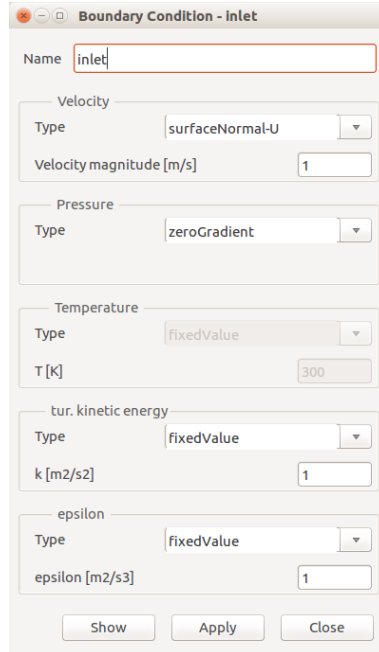


그림 10.6: 경계조건 세부 설정 창

속도

경계조건은 Type과 그에 따른 설정값 입력으로 구분된다.

속도 경계조건 type으로 설정할 수 있는 조건은 표 10.1와 같다.

| type | 항목 | 입력 값 |
|-----------------------------|---------------------|--------------------------|
| no-slip | - | - |
| fixed-U | U | 속도 벡터(U_x, U_y, U_z) |
| surfaceNormal-U | Velocity magnitude | 속도 크기 |
| volume-flowrate | volume flowrate | 유량 [m^3/s] |
| mass-flowrate | mass flowrate | 유량 [kg/s] |
| pressureInletOutletVelocity | - | - |
| zeroGradient | - | - |
| rotatingWallVelocity | origin, axis, omega | 좌표, 축, RPM |

표 10.1: 속도 경계조건 세부 설정

각 속도 조건에 대해 0 폴더 아래의 U 파일은 다음과 같이 생성된다.

U

```
// no-slip
type    fixedValue;
value   uniform (0 0 0);

// fixed-U
type    fixedValue;
value   uniform (10 0 0);

// surfaceNormal-U
type    surfaceNormalFixedValue;
refValue    uniform -10;    // (-) : into domain
value       uniform (0 0 0); //place holder

// volume-flowrate
type    flowRateInletVelocity;
volumetricFlowRate    10;
value       uniform (0 0 0); //place holder

// mass-flowrate
type    flowRateInletVelocity;
massFlowRate    10;
rho           rho;
rhoInlet    1.0;

// pressureInletOutletVelocity
type    pressureInletOutletVelocity;

// zeroGradient
type    zeroGradient;

// rotatingWallVelocity
type    rotatingWallVelocity;
origin    (0 0 0);
axis      (0 0 1);
omega     10; //[radians/sec]
```

압력

압력 경계조건 type으로 설정할 수 있는 조건은 표 10.2와 같고 설정 창의 모양은 그림 10.7에 나타내었다.

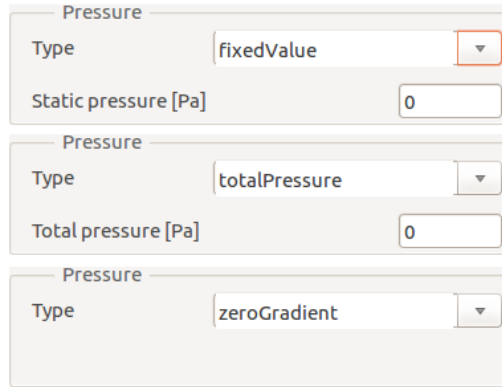


그림 10.7: 압력 경계조건 세부 설정 창

| type | 항목 | 입력 값 |
|---------------|-----------------|------|
| fixedValue | Static pressure | 정압 |
| zeroGradient | - | - |
| totalPressure | Total pressure | 전압 |

표 10.2: 압력 경계조건 세부 설정

각 압력 조건에 대해 0 폴더 아래의 p와 p_rgh(열전달 계산일때) 파일은 다음과 같이 생성 된다.

p_rgh

```
// fixedValue
type    fixedValue;
value   uniform 0;

// zeroGradient
type    zeroGradient;

// totalPressure
type    totalPressure;
p0      0;
gamma   1.4;
rho     none;//rho; for heat transfer
psi     none;
value   uniform 0;
```

난류(k, epsilon, omega)

난류 경계조건은 k, epsilon, omega 등의 조건이며 난류 모델에 따라 필요한 Field의 설정부분이 나타난다. fixedValue, zeroGradient, inletOutlet, wallFunction 조건을 기본으로 하며 k는 intensity 조건을 epsilon은 mixingLength 조건을 사용할 수 있다.

intensity 조건은 turbulentIntensityKineticEnergyInlet 조건을 사용하며 mixingLength 조건은 turbulentMixingLengthDissipationRateInlet 조건을 사용한다.

각 조건은 표 10.3와 같고 설정창의 모양은 그림 10.8에 나타내었다.

| type | 항목 | 입력 값 |
|--------------|---------------------|--------------|
| fixedValue | k | 온도 |
| zeroGradient | - | - |
| inletOutlet | inlet k(epsilon...) | 열유속 |
| wallFunction | - | - |
| intensity | intensity | 난류강도 |
| mixingLength | Length scale | length scale |

표 10.3: 난류 경계조건 세부 설정

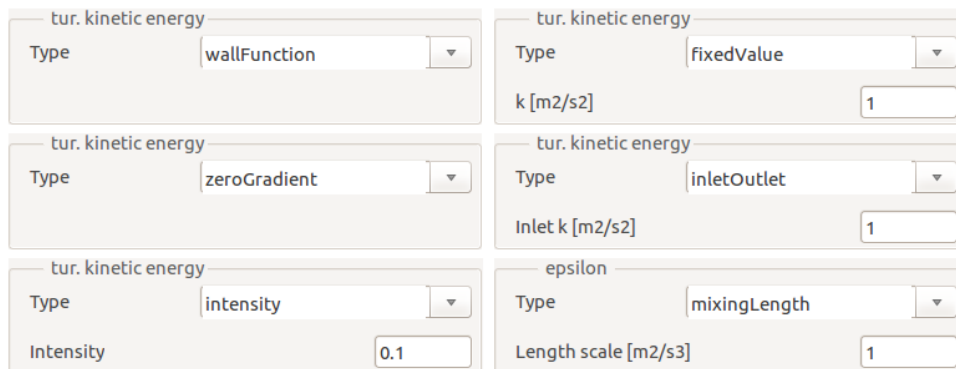


그림 10.8: 난류 경계조건 세부 설정 창

각 난류 조건에 대해 0 폴더 아래의 k, epsilon, omega 등의 파일은 다음과 같이 생성된다.

k epsilon ...

```
// fixedValue
type    fixedValue;
value   uniform 1;
// zeroGradient
type    zeroGradient;
// inletOutlet
type    inletOutlet;
inletValue   uniform 1;
value        uniform 1; //place holder
// wallFunction for incompressible
type    kqRWallFunction; // epsilonWallFucntion, omegaWallFunction
value   uniform 1; //place holder
// wallFunction for compressible
type    compressible::kqRWallFunction;
value   uniform 1; //place holder
// intensity for k
type    turbulentIntensityKineticEnergyInlet;
intensity    0.05;
value        uniform 1; //place holder
// mixingLength for epsilon
type    compressible::turbulentMixingLengthDissipationRateInlet;
mixingLength    1;
value            uniform 1; //place holder
```

온도

압력 경계조건 type으로 설정할 수 있는 조건은 표 10.4와 같고 설정 창의 모양은 그림 10.9에 나타내었다.

| type | 항목 | 입력 값 |
|--------------|-----------------|------|
| fixedValue | Static pressure | 정압 |
| zeroGradient | - | - |
| heatflux | Total pressure | 전압 |
| convection | Total pressure | 전압 |
| inletOutlet | Total pressure | 전압 |
| coupled | - | - |

표 10.4: 압력 경계조건 세부 설정

각 온도 조건에 대해 0 폴더 아래의 T 파일은 다음과 같이 생성된다.

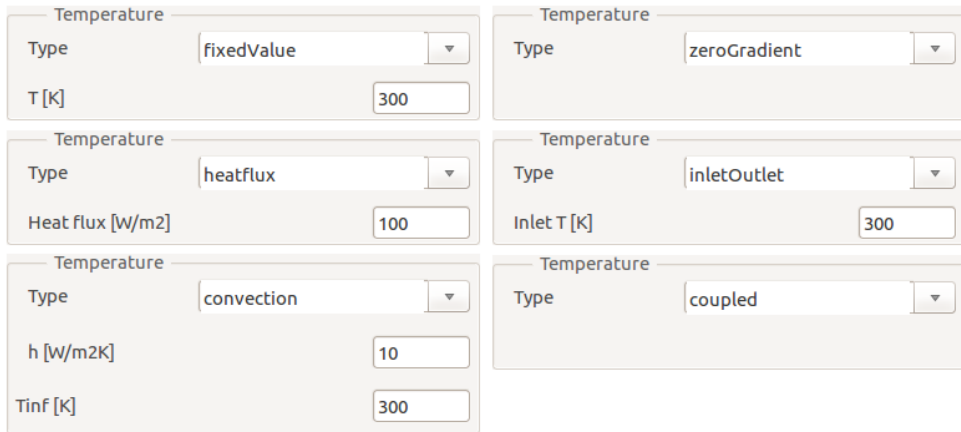


그림 10.9: 온도 경계조건 세부 설정 창


T

```

// fixedValue
type    fixedValue;
value   uniform 300;
// zeroGradient
type    zeroGradient;
// heatflux
type    externalWallHeatFluxTemperature;
q       uniform 100;
kappa   fluidThermo;
kappaName    none;
Qr      none; // when radiation is off
value   uniform 300; //place holder
// convection
type    externalWallHeatFluxTemperature;
h       uniform 100;
Ta      uniform 300;
kappa   fluidThermo;
kappaName    none;
Qr      none; // when radiation is off
value   uniform 300; //place holder
// coupled
type    compressible::turbulentTemperatureCoupledBaffleMixed;
Tnbr    T;
kappa   fluidThermo;
kappaName    none;
value   uniform 300; //place holder
// inletOutlet
type    inletOutlet;
inletValue    uniform 300;
value         uniform 300; //place holder

```

CellZone condition

 (CellZone condition)을 클릭하면 세부 설정 상자가 그림 11.1와 같이 나타난다.

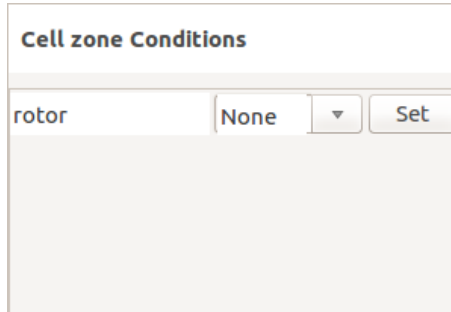


그림 11.1: CellZone condition freepanel

cell zone의 모델을 선택하는 부분과 선택된 모델의 세부 설정을 위한 부분으로 구성되어 있다. 그림 11.1의 상부에 cell zone의 이름, 모델, Set 버튼이 있다.

선택할 수 있는 모델은 'None', 'MRF', 'Porous', 'Fixed.U' 네 가지이다. 'None'은 아무런 조건도 없는 경우이다.

모델을 선택하면 그에 필요한 세부 설정 부분이 아래쪽에 나타난다. 여러 개의 cell zone에서 조건이 설정되어 있을 때 해당하는 cell zone의 Set 버튼을 클릭하면 그 cell zone의 세부 설정 부분으로 바뀐다. 각 모델의 세부 설정 항목은 그림 11.2와 같다.

'Apply' 버튼을 누르면 현재 cell zone의 세부 설정이 저장된다.

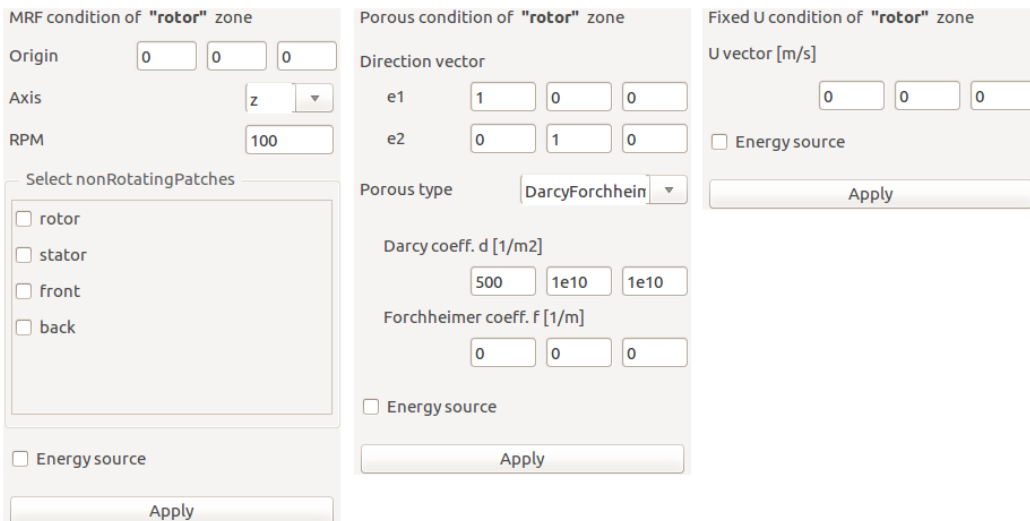


그림 11.2: CellZone 세부 설정 화면. 좌(MRF), 중간(porous), 우(Fixed.U)

MRF

MRF 모델의 세부 설정 항목은 다음과 같다.

- Origin : 회전 중심의 좌표
- Axis : 회전축(오른손 법칙에 따라 회전)
- RPM : 회전속도(Revolution Per Minute)
- nonRotatingPatches : MRF cell zone 영역 안에 있지만 회전하지 않는 면들을 선택

Porous

Porous cell zone은 다음과 같은 Darcy-Forchheimer 모델(식 11.1)을 사용한다.

압력손실 방향은 e1, e2 두 개의 벡터에 의해 결정된다. 첫번째 계수는 e1 방향에 적용되고 두번째 계수는 e2 방향에 적용되며 세번째 계수는 e1, e2에 수직인 방향벡터에 적용된다.

$$S_i = \left(\mu d + \rho |u| \frac{f}{2} \right) u \quad (11.1)$$

d는 Darcy coefficient, f는 Forchheimer coefficient이며 그림 11.2와 같이 벡터로 입력한다.

Fixed.U

cell zone의 속도를 일정하게 유지하기 위한 조건으로 원하는 속도 벡터를 입력한다.

Energy source

'None', 'MRF', 'Porous', 'Fixed.U' 네 가지 모델 모두에 대해 에너지 소스를 설정할 수 있다. 모든 경우에 세부 설정 부분에 'Energy source' 체크 버튼이 있으며 이를 켜면 그림 11.3와 같이 에너지 소스를 입력할 수 있는 부분이 나타난다.

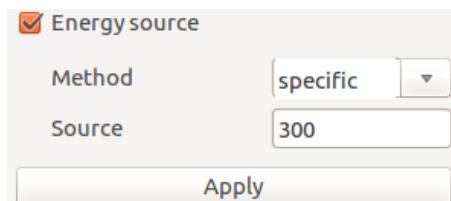



그림 11.3: Energy source 설정 부분

'Method'는 'specific', 'absolute', 'fixed.T' 세 가지 중 하나를 선택할 수 있다. 'specific'은 단위 체적 당 에너지를 입력하는 방식이며 'absolute'는 cell zone 전체에 대한 에너지를 입력하는 방

식이다. 'fixed.T'는 cell zone의 온도를 일정하게 고정하는 방법이다. 각 방법에 해당하는 값을 'Source' 부분에 입력한다.

Internal field

 (Initial Conditions)을 클릭하면 세부 설정 창(free panel)이 그림 12.1와 같이 나타난다.


| Initial Conditions | |
|--------------------|-------|
| Field | Value |
| Ux | 0 |
| Uy | 0 |
| Uz | 0 |
| p | 0 |
| k | 1 |
| epsilon/omega | 1 |
| T | 300 |

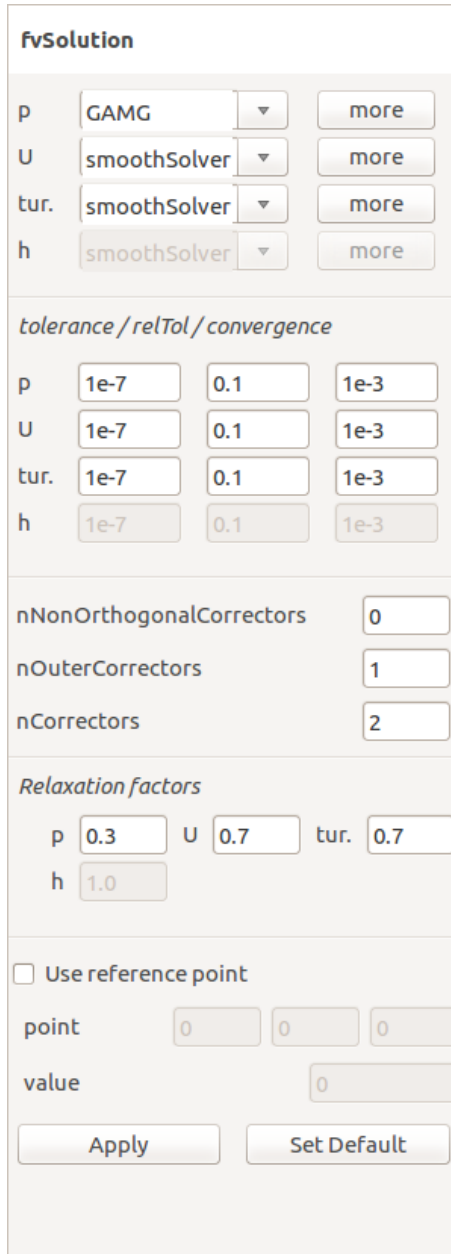
그림 12.1: Internal field freepanel

설정된 값은 Internal field에서의 값으로 사용된다.

속도 벡터, 압력, alpha.water와 난류 모델에 따라 k, epsilon, omega 값을 입력할 수 있다.

fvSolution

 (Solution conditions)를 클릭하면 세부 설정 상자가 그림 13.1와 같이 나타난다.



The image shows the fvSolution freepanel interface. It is organized into several sections:

- Solver Selection:** Variables p, U, tur., and h are each associated with a dropdown menu (currently showing 'smoothSolver' or 'GAMG') and a 'more' button.
- tolerance / relTol / convergence:** A grid of input fields for p, U, tur., and h, with columns for tolerance (1e-7), relTol (0.1), and convergence (1e-3).
- Correctors:** Input fields for nNonOrthogonalCorrectors (0), nOuterCorrectors (1), and nCorrectors (2).
- Relaxation factors:** Input fields for p (0.3), U (0.7), tur. (0.7), and h (1.0).
- Reference Point:** A checkbox 'Use reference point' followed by 'point' (three 0 fields) and 'value' (one 0 field).
- Buttons:** 'Apply' and 'Set Default' buttons at the bottom.

그림 13.1: fvSolution freepanel

fvSolution의 설정은 'solver', 'SIMPLE/PIMPLE', 'Relaxation factor', 'Reference point'의 다섯 가지로 구분된다.

'Apply' 버튼을 누르면 system 폴더 아래에 fvSolution 파일이 생성된다. 계산 중에 설정을 수정하고 'Apply' 버튼을 누르면 현재 계산 중인 문제에도 바뀐 설정이 적용된다.

Solvers

'p', 'U', 'tur', 'h'에 대한 설정으로 나눌 수 있으며 각각은 'Solver', 'Advanced', 'tolerance', 'relTol'(relative tolerance), 'convergence criteria' 로 구성된다.

p의 solver는 'GAMG', 'PCG', 'smoothSolver' 중 하나를 선택할 수 있으며, U, tur, h의 solver는 'smoothSolver', 'PBiCG', 'GAMG' 중 하나를 선택할 수 있다.

각 필드에 'more' 버튼이 있는데 이를 누르면 그림 13.2과 같은 창이 열리고 선택한 솔버에 대한 세부 설정을 할 수 있다.

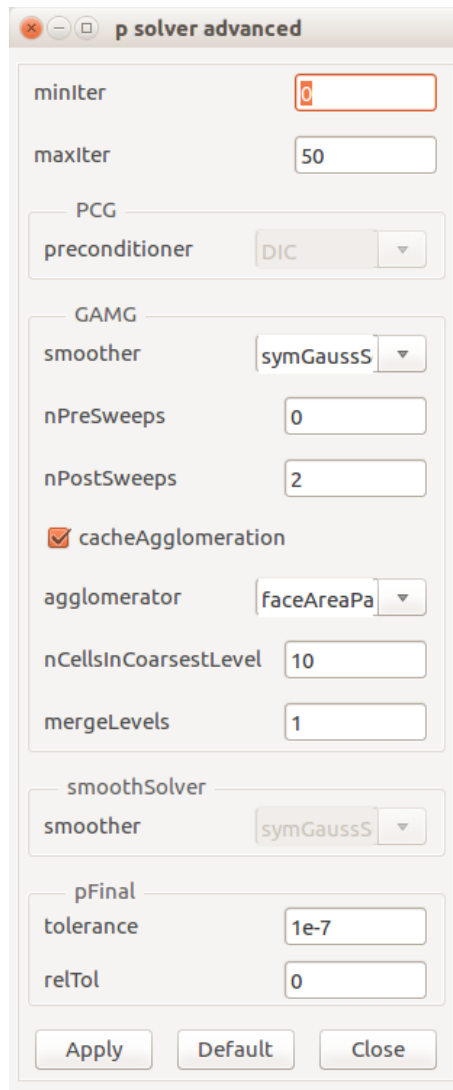


그림 13.2: Advanced setup 창

minIter, maxIter는 한 time step에서 sub-iteration의 최소, 최대값을 나타낸다.

계산 초기에 과도한 sub-iteration 때문에 계산 시간이 오래 걸리는 경우 maxIter 값을 조절하여 계산 시간을 줄일 수 있다. maxIter가 0으로 설정되면 해당 필드에 대한 sub-iteration을 수행하지 않는다.

선택한 솔버에 대한 세부 설정 항목은 다음과 같다.

GAMG

- smoother : GaussSeidel, symGaussSeidel, DIC, DICGaussSeidel, FDIC, nonBlockingGaussSeidel
- nPreSweeps
- nPostSweeps
- cacheAgglomeration
- agglomerate
- nCellsInCoarsestLevel
- mergeLevels

PCG

- preconditioner : DIC, FDIC, GAMG, diagonal, none

smoothSolver

- smoother : GaussSeidel, symGaussSeidel, DILU, DILUGaussSeidel, nonBlockingGaussSeidel

PBiCG

- preconditioner : DILU, GAMG, diagonal, none

SIMPLE/PIMPLE

설정 항목은 다음과 같다.

- nNonOrthogonalCorrectors
- nOuterCorrectors
- nCorrectors

Relaxation factor

p, U, tur., h에 대한 relaxation factor를 입력한다. tur.에 입력한 값은 k, epsilon, omega 등에 사용된다.

Reference Point

'Use Reference Point'를 선택하면 point 및 value 입력 칸이 활성화 된다. Closed domain 문제에서 압력의 기준 위치를 사용할 수 있는 옵션이다. 사용하지 않으면 reference 위치는 cell 번호 0의 위치가 되고 압력 값은 0이 된다.

fvSchemes

∇ (Numerical conditions)를 클릭하면 세부 설정 상자가 그림 14.1와 같이 나타난다.

fvSchemes

ddtSchemes: steadyState

off-centering coeff.: 1

interpolation: linear

gradient: Gauss linear

limited coeff.: 1

snGradient: corrected

limited/relaxed coeff.: 0.333

laplacian: Gauss linear correct

limited/relaxed coeff.: 0.333

divergenceSchemes

bounded scheme: bounded

U: upwind, coeff.: 1
 Use limited grad. scheme

tur.: upwind, coeff.: 1
 Use limited grad. scheme

h: upwind, coeff.: 1
 Use limited grad. scheme

Apply Set Default

그림 14.1: fvSchemes freepanel

ddtSchemes

선택할 수 있는 항목은 아래의 다섯 가지이다.

- steadyState
- Euler
- backward
- localEuler rDeltaT
- crankNicolson

crankNicolson을 선택하면 off-centering coeff.를 설정할 수 있다.

interpolation

선택할 수 있는 항목은 아래의 세 가지이다.

- linear
- cubicCorrection
- midPoint

gradSchemes

선택할 수 있는 항목은 아래의 네 가지이다.

- Gauss linear
- leastSquares
- fourth
- cellLimited Gauss linear

cellLimited Gauss linear를 선택하면 limited coeff.를 설정할 수 있다.

snGradSchemes

선택할 수 있는 항목은 아래의 일곱 가지이다.

- corrected
- relaxed (넥스트폼에서 개발한 기법)
- uncorrected

- limited
- limited corrected
- bounded
- fourth

relaxed, limited, limited corrected를 선택하면 limited/relaxed coeff.를 설정할 수 있다.

laplacianSchemes

선택할 수 있는 항목은 아래의 다섯 가지이다.

- Gauss linear corrected
- Gauss linear relaxed (넥스트폼에서 개발한 기법)
- Gauss linear limited
- Gauss linear limited corrected
- Gauss linear uncorrected

Gauss linear relaxed, Gauss linear limited, Gauss linear limited corrected를 선택하면 limited/relaxed coeff.를 설정할 수 있다.

divergenceSchemes

bounded scheme을 사용하거나 아무 것도 사용하지 않을 수 있다.

U

U에 사용할 수 있는 scheme은 다음과 같다.

- upwind
- linearUpwindV
- limitedLinearV
- vanLeerV
- SFCDV
- GammaV
- limitedCubicV
- linear

- skewLinear
- cubicCorrected
- QUICK
- MUSCL

limitedLinearV, limitedCubicV를 사용할 때 limited coeff.를 설정할 수 있다.

linearUpwindV, vanLeerV, SFCDV, GammaV, linear, skewLinear, cubicCorrected, QUICK, MUSCL을 사용할 때 limited gradient scheme을 사용할 수 있다.

tur., h


k, epsilon, omega, h에 사용할 수 있는 scheme은 다음과 같다.

- upwind
- linearUpwind
- limitedLinear
- vanLeer
- SFCD
- Gamma
- limitedCubic
- linear
- skewLinear
- cubicCorrected
- QUICK
- MUSCL

limitedLinear, limitedCubic를 사용할 때 limited coeff.를 설정할 수 있다.

linearUpwind, vanLeer, SFCD, Gamma, linear, skewLinear, cubicCorrected, QUICK, MUSCL을 사용할 때 limited gradient scheme을 사용할 수 있다.

Monitoring/Post

 (Monitoring/Post)를 클릭하면 세부 설정 상자가 그림 15.1와 같이 나타난다.

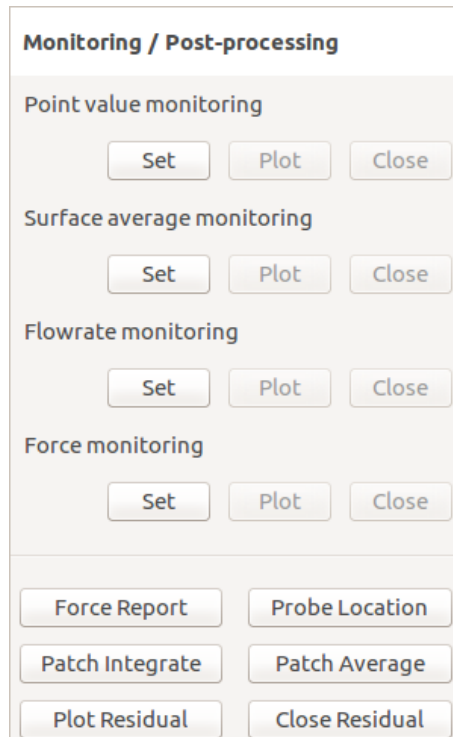


그림 15.1: Monitoring/Post freepanel

계산 중 결과의 모니터링을 위한 설정과 계산 종료 후 결과를 확인하기 위한 두 부분으로 나누어져 있다.

Monitoring

'Point value', 'Surface average', 'Flowrate', 'Force' 네 가지 항목이 있으며 각각에 대한 조건을 설정할 수 있다. 계산 중이거나 기존의 계산 결과가 있다면 'Plot' 버튼을 누르면 그래프가 그려지고 'Close' 버튼을 누르면 그래프가 없어진다. 계산을 시작하기 전에 설정되어 있지 않으면 'Plot', 'Close' 버튼이 활성화되지 않는다.

그림 15.2은 'Point value'-'Set' 버튼을 눌렀을 때 나타나는 창이다.

'Output Interval'을 입력하고 'Add Point' 버튼을 누르면 point가 추가된다. point의 이름과 좌표를 입력하고 원하는 벡터 혹은 스칼라들을 선택한다. U를 선택하면 U_x , U_y , U_z 를 그래프로 모니터링 할 수 있다.

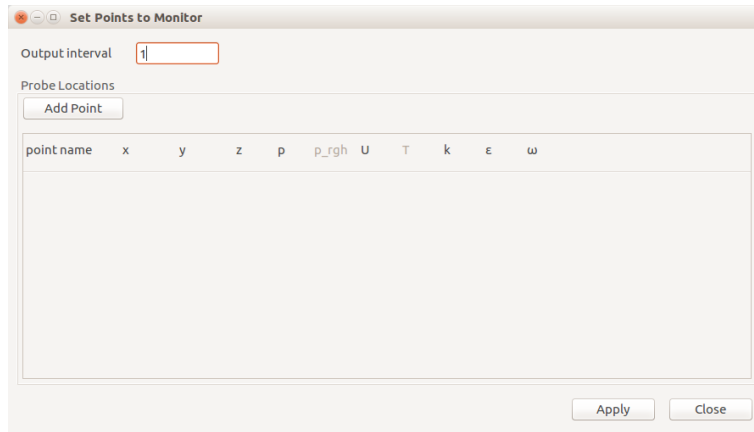


그림 15.2: Monitoring - point 설정 창

그림 15.3은 'Surface average', 'Flowrate', 'Force' 세 가지 항목 각각에 대한 설정 창이다. 설정 항목은 다음과 같다.

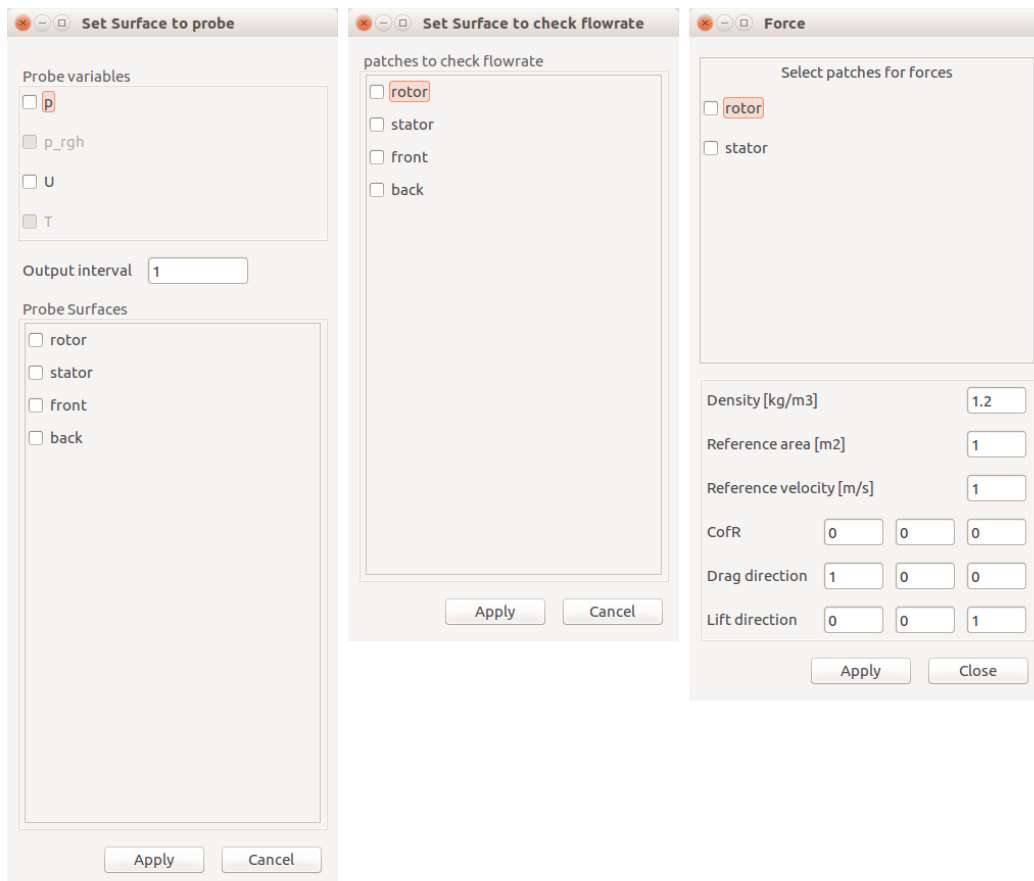


그림 15.3: Monitoring 세부 설정 창

- Surface average
 - variables(p, U, T)
 - Output interval
 - surface 선택
- Flowrate
 - surface 선택
- Force
 - surface 선택
 - Density
 - Reference area
 - Reference velocity
 - Center of Rotation
 - Drag direction
 - Lift direction

후처리

계산 종료 후 결과를 확인할 수 있는 기능은 'Probe Location', 'Patch Integrate', 'Patch Average', 'Force Report', 'Plot/Close Residual' 등이 있다.

probeLocation

계산 결과가 있을 때 원하는 지점의 값을 확인할 수 있다. 그림 15.4의 창에서 변수를 선택하고, point의 개수와 그에 따른 좌표를 입력하고 'Apply' 버튼을 누르면 probeLocation 유틸리티를 이용하여 추출된 값이 오른쪽 창에 표시된다.

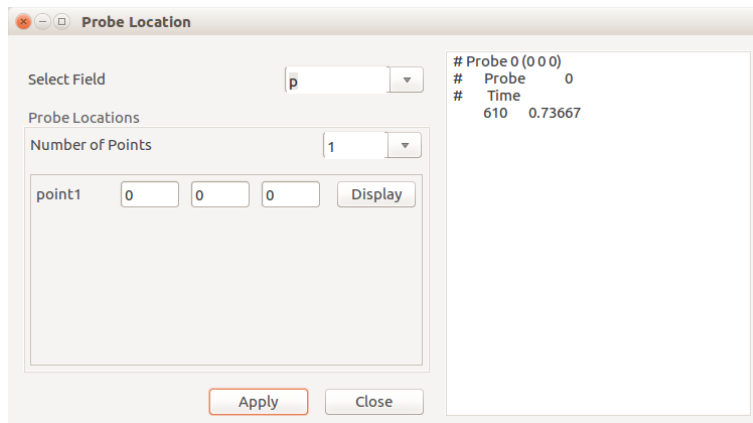


그림 15.4: probeLocation window

patchIntegrate / patchAverage

그림 15.5는 'patchIntegrate'를 선택했을 때 나타나는 창이다. 기존의 계산 결과에서 선택한 면에서 압력 혹은 속도의 적분 값을 계산해서 보여준다. patchAverage 메뉴도 같은 방식으로 작동한다.

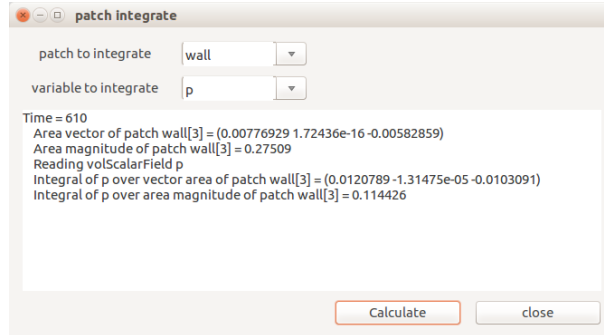


그림 15.5: patchIntegrate 창

Force Report

그림 15.6는 'Force report'을 선택했을 때 나타나는 창이다. 기존의 계산결과에서 force, force coefficient를 계산해서 보여준다.

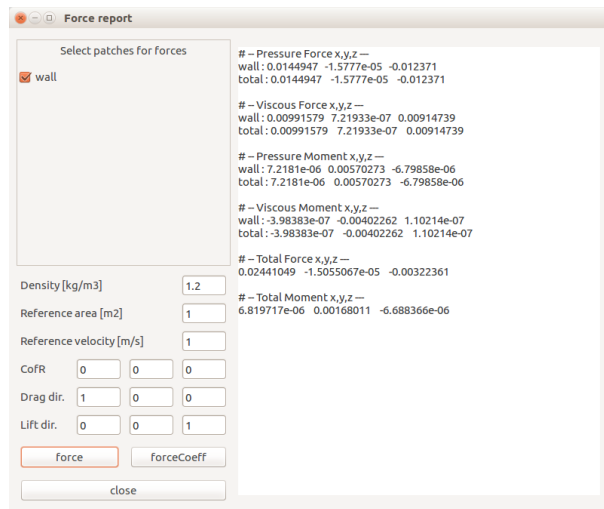



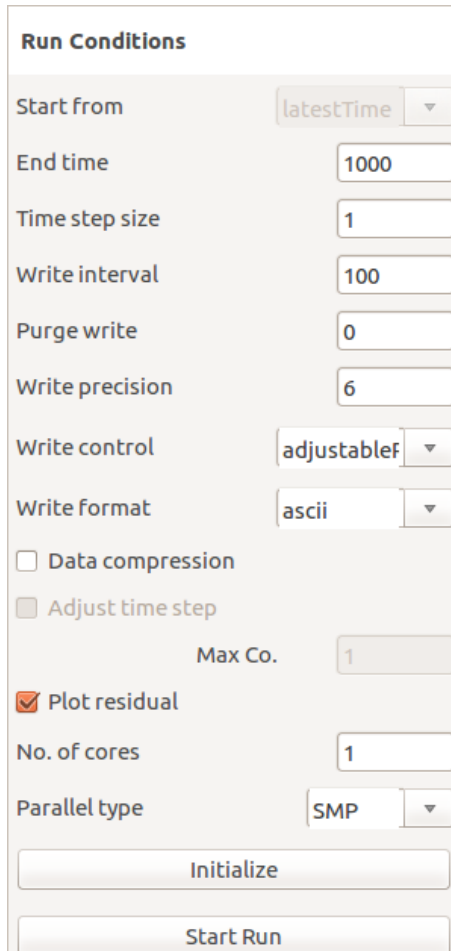
그림 15.6: force report 창

Plot / Close Residual

계산 종료 후 계산이 진행될 때 residual의 변화를 확인하고 싶을 때 'Plot Residual' 버튼을 누르면 residual 그래프가 그려진다. 'Close Residual' 버튼을 누르면 그래프가 없어진다.

Run condition

 (Run conditions)를 클릭하면 세부 설정 상자가 그림 16.1와 같이 나타난다.



The image shows a 'Run Conditions' dialog box with the following settings:

- Start from: latestTime (dropdown)
- End time: 1000 (input field)
- Time step size: 1 (input field)
- Write interval: 100 (input field)
- Purge write: 0 (input field)
- Write precision: 6 (input field)
- Write control: adjustable (dropdown)
- Write format: ascii (dropdown)
- Data compression
- Adjust time step
- Max Co.: 1 (input field)
- Plot residual
- No. of cores: 1 (input field)
- Parallel type: SMP (dropdown)
- Initialize (button)
- Start Run (button)

그림 16.1: Run condition freepanel

controlDict 파일과 솔버 실행 옵션을 설정하기 위한 부분이다.

설정 항목은 다음과 같다.

- End time : 계산을 종료할 시간
- Time step size : 시간 전진 간격. 정상상태 솔버일 때는 1로 설정
- write Interval : 자동 저장 간격
- purge write : 자동 저장할 최대 시간 폴더 개수. 이 값을 넘어가면 오래된 시간 폴더부터 삭제

- write precision : 데이터 저장 시 유효자리수
- write control : 자동 저장 방식
 - timeStep : iteration 수를 사용
 - runTime 계산 상의 시간을 사용
 - adjustableRunTime : adjustTimeStep을 사용할 때 주어진 시간에 맞게 시간 간격이 변하고 데이터가 저장됨
 - clockTime
 - cpuTime
- write format : ascii / binary
- Data Compression : 데이터 저장 시 압축 여부
- Adjust time step : Courant 수를 사용하여 time step size를 자동으로 조절
 - Max Co
- Plot Residual : 계산이 진행될 때 residual plot을 그릴지 여부
- No. of cores : 병렬연산 시 사용할 코어 개수
- Parallel type : 병렬연산 시 사용할 컴퓨터의 종류. Cluster를 선택하면 병렬연산 시 사용할 컴퓨터 설정 파일을 선택할 수 있다.

클러스터 컴퓨터에서 병렬연산 시 필요한 host file은 임의의 이름의 아스키파일이면 되고 그 내용은 다음과 같다.

host file

```
<node name1> cpu=<number of cores> \\  
<node name2> cpu=<number of cores> \\  
<node name3> cpu=<number of cores> \\  
...
```

'Initialize/Write' 버튼을 클릭하면 0, constant, system 폴더에 주어진 설정에 따라 계산에 필요한 파일들이 만들어진다.

'Start Run' 버튼을 누르면 계산이 시작된다. 계산이 실행되면 그림 16.2와 같이 shell 창에 residual의 변화가 숫자로 표시되며 "Plot Residual"이 선택되어 있다면 Residual 그래프가 그려진다.

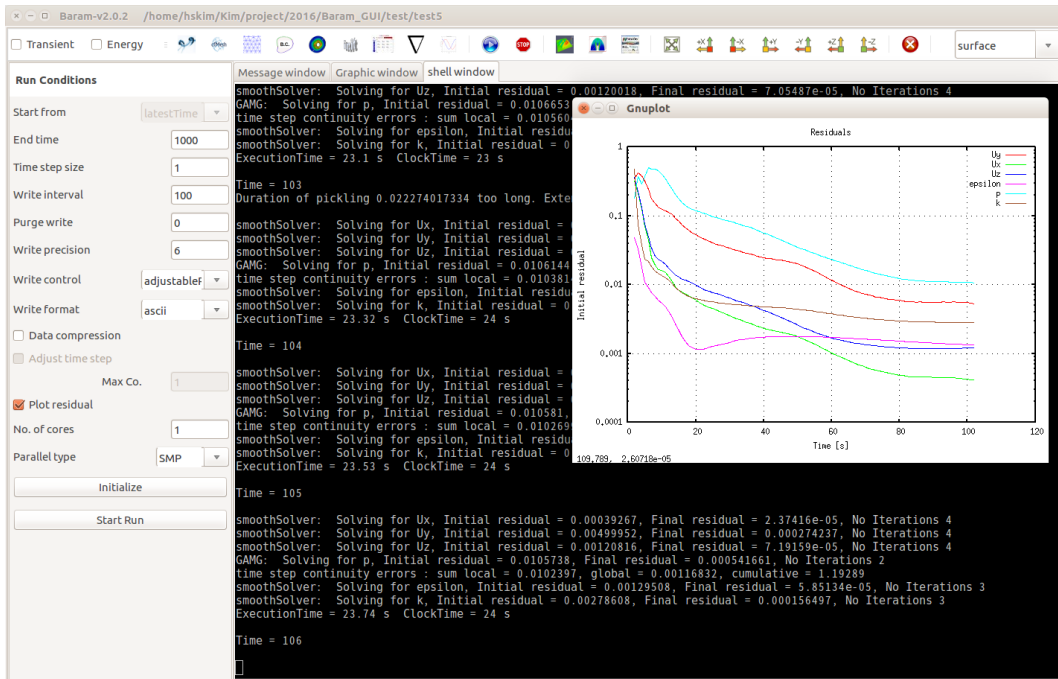


그림 16.2: 계산 중인 화면

