



OpenFOAM -predstavitev-

Kampus Šola 2014

7–11 July 2014

Fakulteta za strojništvo
Ljubljana

Dr. Marijo Telenta



OpenFOAM

OpenFOAM (**O**pen **F**ield **O**peration **A**nd **M**anipulation) je **odprta** numerična koda, ki predstavlja objektno orientirano programiranje. OpenFOAM je **brezplačen** in ima veliko bazo uporabnikov.

OpenFOAM lahko, med drugim, rešuje kompleksne tokove tekočin, ki vključujejo turbulenco, transfer toplote in kemične reakcije. OpenFOAM je pisan v C++ objektno-orientiranem programskem jeziku.

OpenFOAM uporablja metodo končnih volumnov za reševanje sistema parcijalnih diferencialnih enačb (PDE), predpisanih na 3-D nestrukturirano poliedarsko mrežo. OpenFOAM lahko dela paraleleno in tako omogoči da se v celoti izkoristi klaster.



OpenFOAM je bio razvit v Imperial College, London.
Razvijalci so Prof. David Gosman, Dr. Radd Issa, Henry Weller and Dr. Hrvoje Jasak.

OpenFOAM je koda zasnovana na **metodi končnih volumnov**, ki uporablja C++ in **objektno orientirano programiranje**, pri čem se razvija model posnemanja enačb in operacij skalar-vektor-tenzor.

Odprta koda pomeni, da ni licenčnine in vsak lahko kodo prilagaja.
OpenFOAM je licenciran pod GNU GPL (General Public License).

Akadska sfera uporablja odprto kodo zaradi **otprte kolaboracije** in **lažjega širjenja informacij**.



Posnemanja enačb: PDE izrazimo v njihovem naravnem jeziku.

$$\frac{\partial \rho U}{\partial t} + \nabla \cdot \rho U U - \nabla \cdot \mu \nabla U = -\nabla p$$

```
solve
(
    fvm::ddt(rho, U)
  + fvm::div(phi, U)
  - fvm::laplacian(mu, U)
  ==
  - fvc::grad(p)
);
```

Korespondenca med kodo in originalno enačbo je **jasna**.

To pomeni, da OpenFOAM predstavlja odlično platformo za **prilagajanje vsakokratnim** zahtevam.



OpenFOAM pri reševanju enačb uporablja nasledni numeričen pristop:

- ločene, iterativne rešitve,
- metodo končnih volumenov,
- ko-locirane spremenljivke,
- združevanje enačb (kontinuitete in momenta) z uporabo PISO (transientno) in SIMPLE (ne transientno) algoritmi.

Vzporedno računalništvo ponuja možnost, reševanja problemov **večje kompleksnosti, hitreje** in z **večjo natančnostjo**. Stroški vzporedne simulacije z OpenFOAM so cenovno ugodnejši v premerjavi s komercialnimi alternativami, saj je OpenFOAM brezplačen. Tako je edini strošek, uporaba klastra.



Program je distribuiran kot izvorna koda: **OpenFOAM 2.3.0**

OpenFOAM je sicer brezplačen, vendar je potrebno obračunati računalniški čas in podporo ter inženirsko delo

OpenFOAM lahko naložite na prenosnik, namizni računalnik, klaster, v oblak ...
Uporabnik lahko adaptira obstoječi solver ali pa naredi popolnoma nov solver.

OpenFOAM vsebuje več kot 80 **solverjov** in 170 **orodij**.

- Solver rešuje specifične probleme mehanike kontinuuma,
- Orodja pa manipulirajo z podatki (mreža, vizualizacija...)



Solveri v OpenFOAM so združeni v skupine:

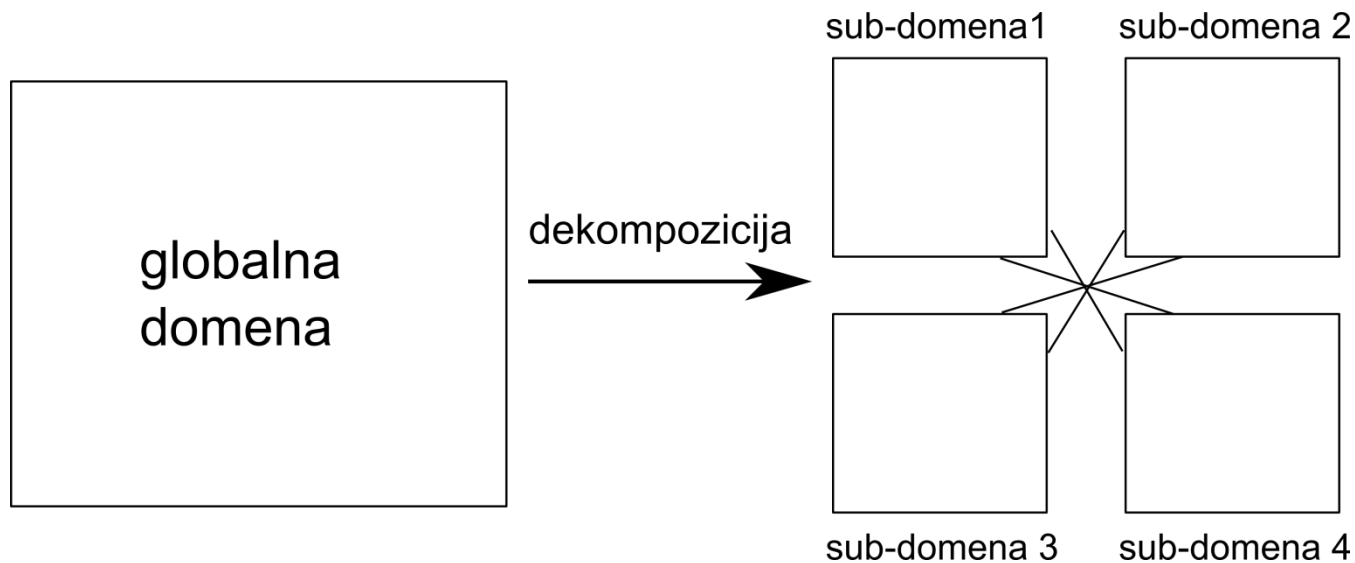
Basic	discreteMethods	financial	lagrangian
Combustion	DNS	heatTransfer	multiphase
Compressible	electromagnetics	incompressible	stressAnalysis

Pod incompressible so:

adjointShapeOptimizationFoam	boundaryFoam	icoFoam
nonNewtonianIcoFoam	pimpleFoam	shallowWaterFoam
potentialFreeSurfaceFoam	pisoFoam	simpleFoam



Paralelno računalništvo je zasnovano na principu **M**essage **P**assing **I**nterface (MPI), katero uporablja strategijo dekompozicije domene.





Prednosti OpenFOAM:

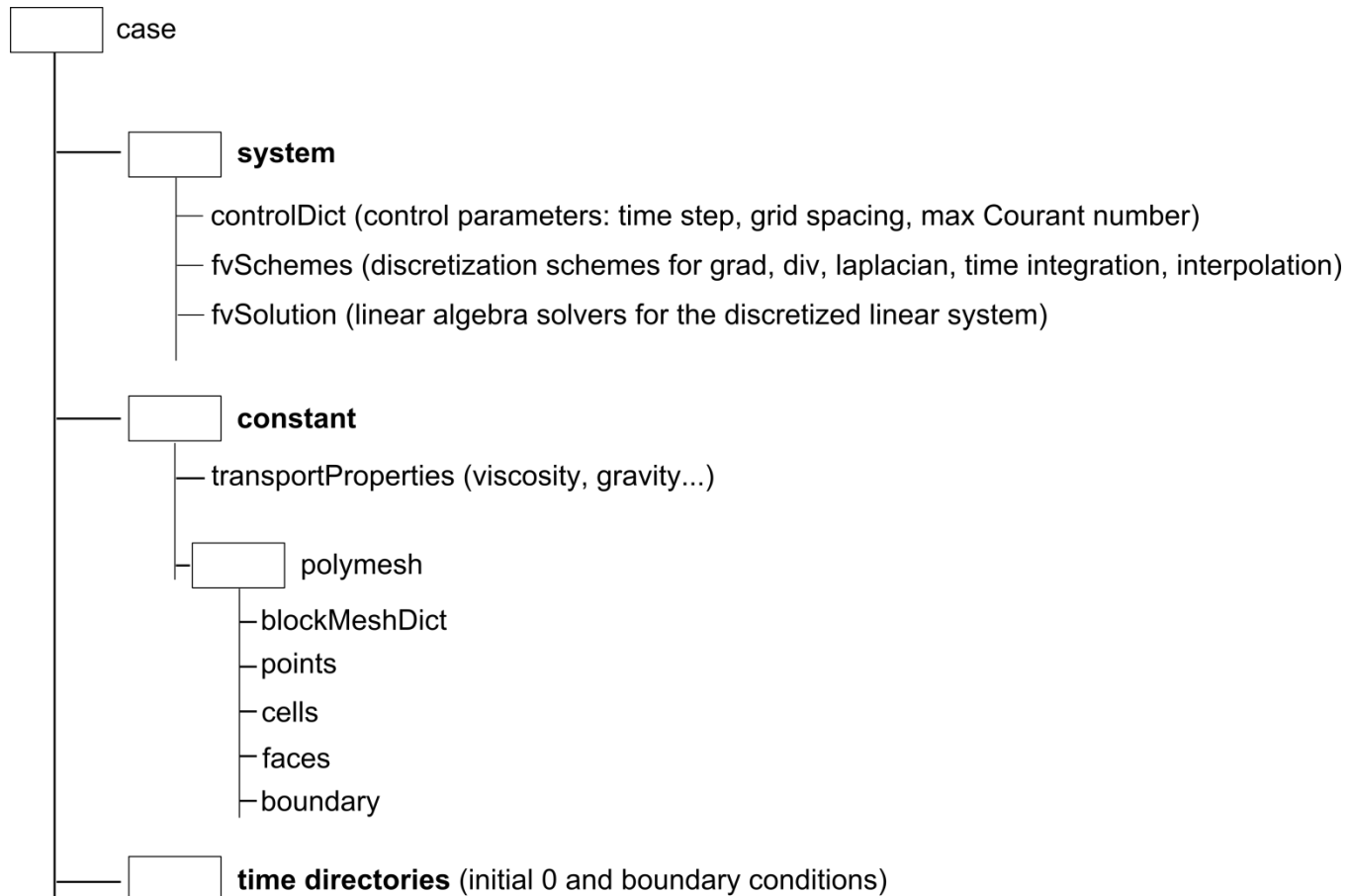
- Prosta in brezplačna koda
- Lahko se prilagaja za določene aplikacije
- Lažje programiranje zaradi objektno orijentiranega C++

Slabosti OpenFOAM:

- ne obstaja sistematsko navodilo za uporabo, za vse kode in aplikacije
- krivulja učenja je strma
- manjka validacija kode
- nima GUI (Graphical User Interface)



Struktura OpenFOAM:





OpenFOAM case: Ovira

- Nestisliva Newton-ova tekučina,
- Eksterna aerodinamika, tok zraka okrog ovire,
- PDE enačbe ki jih OpenFOAM rešuje so Navier-Stokes.

Enačba kontinuitete:

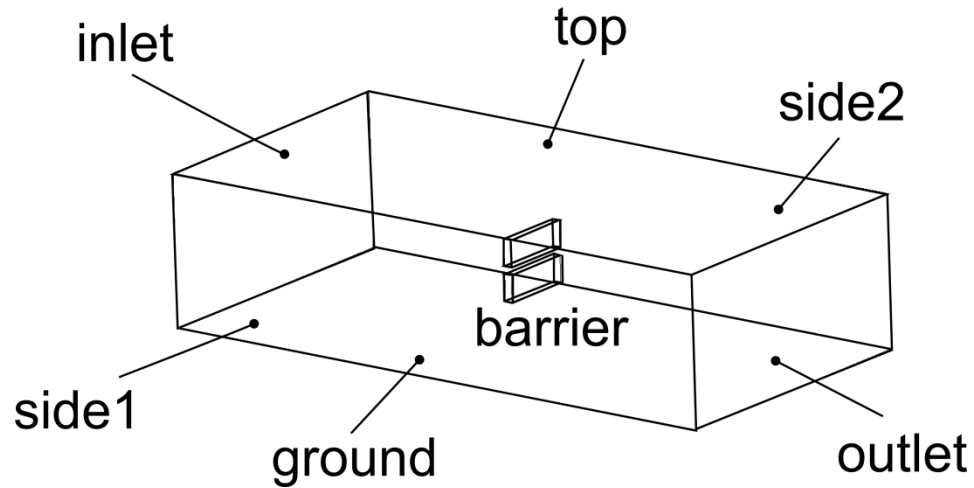
$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 ,$$

Enačba momenta:

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j} .$$



Numerična domena



Robni pogoji:

Inlet- inlet velocity (10 m/s)

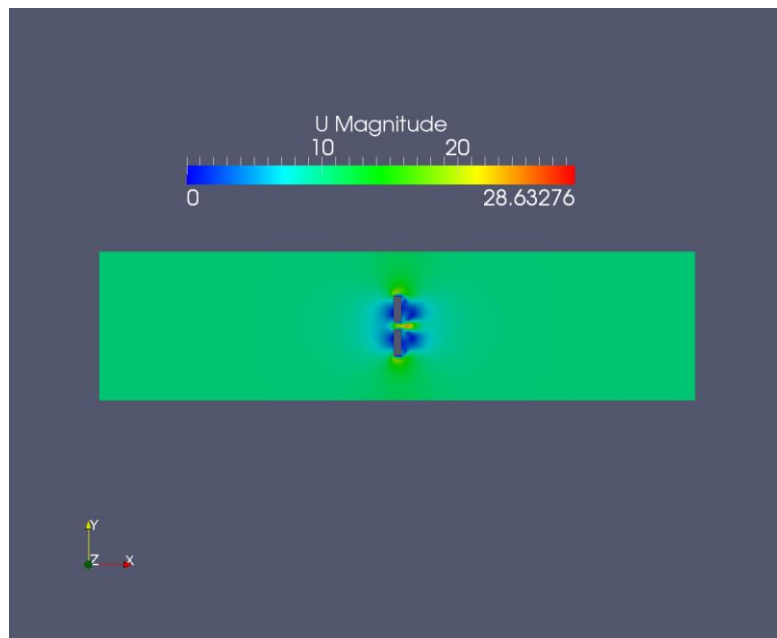
Outlet-outflow

Barrier-no slip (wall)

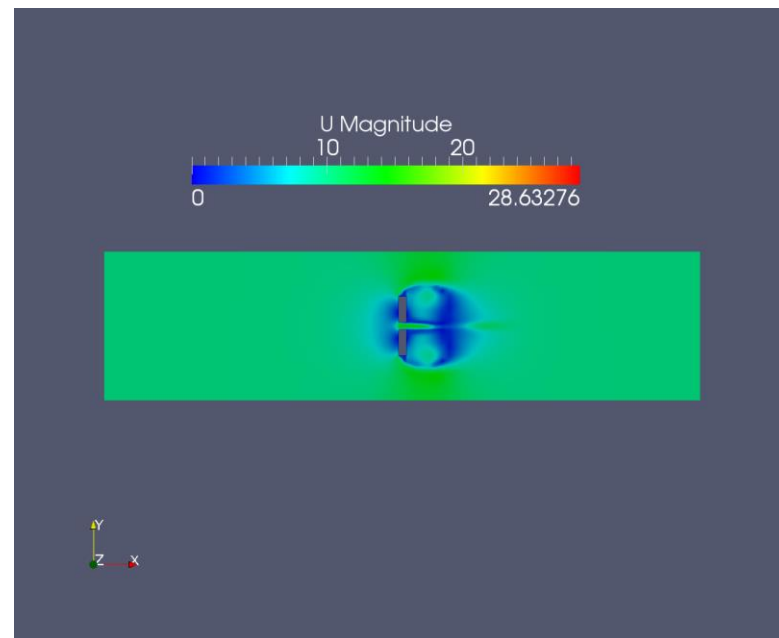
Top, ground, side1, side2-slip



Hitrostno polje $t=0.002$ s

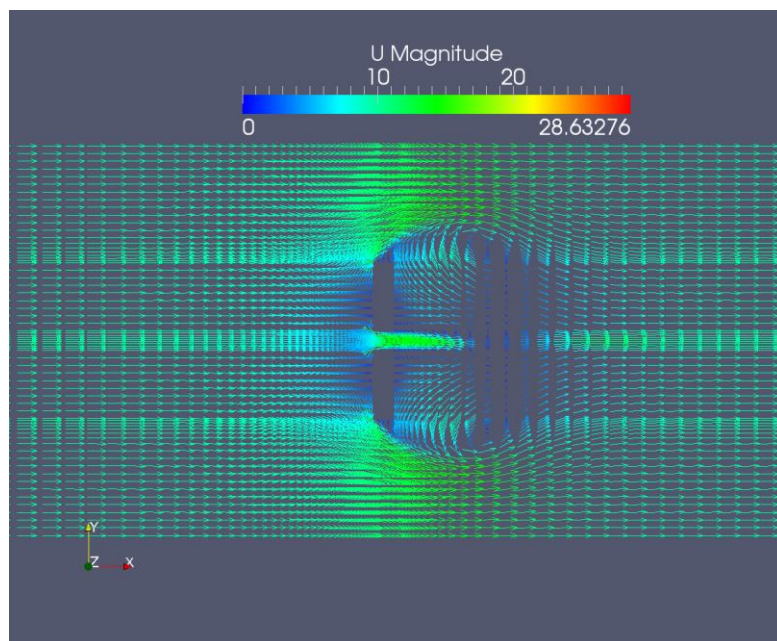


Hitrostno polje $t=0.012$ s

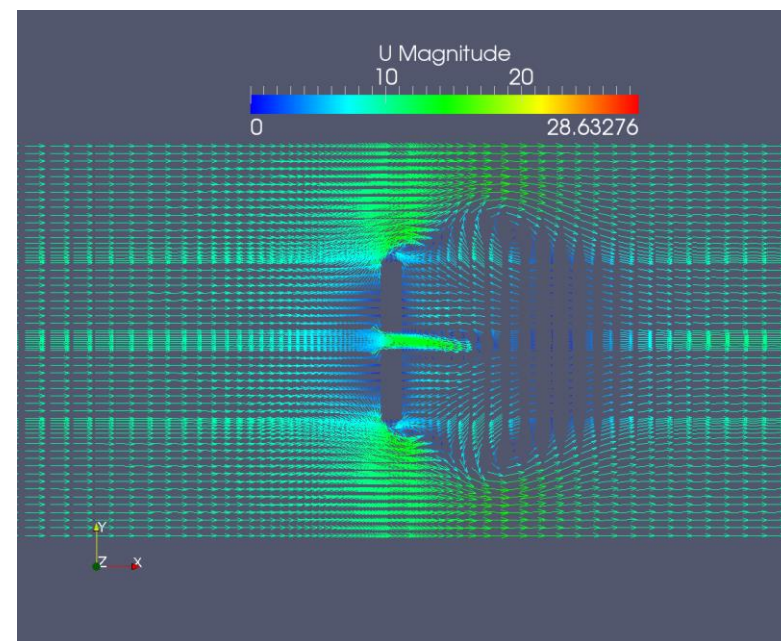




Vektorsko polje $t=0.012$ s



Vektorsko polje $t=0.018$ s





Streamlines $t=0.018$

