

Verstas-projekti, CFX-esittely 10.10.2002

Raportti

Tämä on lyhyt raportti tilaisuudesta, jossa DI Jarmo Korpijärvi esitteli Verstas-projektiryhmälle CFX-virtauslaskentaohjelmiston käyttöä.

1 Esittelyn kulku

DI Korpijärvi esitteli ryhmälle CFX-ohjelmiston version 5 käyttöä geometrian mallintamiseen, verkottamiseen ja verkon tarkasteluun, sekä esitteli käynnissä olevaa todellista laskentaa.

1.1 CFX:n rakenne

CFX muodostuu kolmesta itsenäisestä sovelluksesta: esikäsitteilyä on nimeltään CFX Build, ratkaisija CFX Solver ja jälkikäsitteilyä CFX Post. Nämä voidaan käynnistää erillisen launcher-sovelluksen avulla. Laucherin avulla myös valitaan **työhakemisto**, jossa kulloiseenkin projektiin liittyvät tiedostot pääasiassa sijaitsevat. Projekti voi kuitenkin jakaantua myös useaan hakemistoon.

1.2 CFX Build

Esikäsitteilyä CFX Buildilla mm. luodaan mallinnettava geometria, verkotetaan se, valitaan fysikaaliset mallit ja parametrit sekä asetetaan geometrialle reunaehdot.

Build tulostaa erityiseen **journal-tiedostoon** kaiken mitä käyttäjä tekee. Koko prosessi on näin **toistettavissa** ja käyttäjän **parametrisoitavissa**. Parametrisointi täytyy kuitenkin tehdä käsin journal-tiedostoa muokkaamalla, eikä siten ole kovin helppoa. Parametrisointi tehdäänkin yleensä vain, mikäli geometria pysyy muuten varsin samanlaisena, mutta joitakin yksityiskohtia pitää muuttaa usein.

1.2.1 Geometrian luonti

Simulointiprosessin ensimmäinen vaihe on geometrian luonti. Se aloitetaan asettamalla yleisiä asetuksia, kuten käytettävä mittayksikkö, toleranssi jne. Varsinainen geometrian konstruointi tapahtuu esittelyssä käytetyssä CFX:n versiossa ns. bottom-up menetelmällä. Siinä luodaan ensin pisteitä, niistä muodostetaan käyriä, käyristä pintoja ja pintojen sulkemista tiloista elementtejä eli solideja.

1.2.2 Mallin määrittäminen

Mallin määrittämissä vaiheissa valitaan (**valikoista**) virtaava aine ja sen ominaisuudet, alkutilanteessa vallitsevat oletukset sekä tilannetta vastaava fysikaalinen malli. Tällöin voidaan määrittää mm. paine, solidin seinien ominaisuudet, lämmön siirtyvyysominaisuudet, nosteen ja viskositeetin huomioon ottaminen ja runsaasti muita ilmiöön vaikuttavia laskennallisia ominaisuuksia. Samoin voidaan määrittää omia yhtälöitä ja muuttujia kuvaamaan jotain virtaukseen liittyvää ilmiötä. Joitakin muuttujia voidaan asettaa erityistarkkailuun esimerkiksi eräänlaiseksi merkkiaineeksi virtaaman seuraamiseksi.

1.2.3 Reunaehtojen asettaminen

Seuraavaksi geometrialle asetetaan reunaehdot. Tällöin valitaan, mitkä solidin pinnoista ovat sisäänvirtausaukkoja ja mitkä ulostuloja. Virtauksen ominaisuudet määritetään kunkin sisäänvirtausaukko-osalta, jolloin virtaukselle määrätään mm. nopeus ja turbulenssiominaisuudet. Samoin määrätään ulostuloaukkojen osalta virtauksen ehdot, joiden mukaan virtauksen halutaan kehittyvän.

1.2.4 Verkotus

Verkotusvaiheessa määrätään verkon yleiset ominaisuudet, kuten suurin sallittu verkkoelementin särmän mitta. Verkko luodaan, ja sitä voidaan tarkastella pinnoittain. Tässä vaiheessa luodaan vain pintaverkko - sisäverkko luodaan vasta tallennusvaiheessa.

Koska CFX:n versio 5 perustuu rakenteettomaan hilaan, on myös verkon tihennysten paikallinen säätäminen helppoa. Se voidaan tehdä esimerkiksi rajoittamalla verkkoelementtien kokoa tietyllä pinnalla. Lisäksi pintoja voidaan parantaa ns. inflation-toiminnolla, joka korvaa pinnoilla olevat tetraedrielementit prismaelementeillä muutaman pintakerroksen osalta.

1.2.5 Ratkaisijan asetusten antaminen

Seuraavaksi määrätään ratkaisijan parametrit. Tällöin voidaan asettaa mm. aika-askelien lukumäärät, konvergenssikriteeriot ja diskretisoinnin kertaluokat. Sisäverkolle voidaan myös asettaa adaptiivisia tihennysmäärittäjiä, jos on oletettavissa, että laskettava virtaus käyttäytyy paikallisesti hyvin hankalasti.

Ennen esikäsitteijästä poistumista kaikki edellä laskentaan liittyvä tieto kirjoitetaan määrittäjä tiedostoon (.def). Tässä vaiheessa myös luodaan sisäverkko, joka tallennetaan kaikkien muiden tietojen ohella määrittäjä tiedostoon. Verkon voi kuitenkin tarvittaessa lukea myös olemassa olevasta määrittäjä tiedostosta.

1.3 CFX Post

Jälkikäsitteijä CFX Post:ia käytetään myös luodun verkon tarkastelemiseen. **Sisäverkkoa ei siis voi tarkastella esikäsitteijässä.** Tämä muodostaa jonkinlaisen käytettävyysongelman, koska ennen laskennan käynnistämistä verkkoa täytyy tarkastella jälkikäsitteijässä, ja havaittujen verkon ongelmien korjaamista varten täytyy jälleen siirtyä käyttämään esikäsitteijää.

Verkkoa voi tarkastella mm. monenlaisina läpileikkauksina. Voidaan myös laskea verkon hyvyydestä kertovia tunnuslukuja, kuten elementtien suurimpia ja pienimpiä kulmia, ja paikallistaa niitä geometriasta parannusten tekemistä varten.

Laskennan jälkeen tuloksia voidaan visualisoida mm. vektorikenttinä, tasa-arvopintoina ja läpileikkauksina. Muuttujien arvoja voidaan tarkastella esimerkiksi ulostulossa tai jossakin tietyssä pisteessä. Tuloksia voidaan tallentaa raportointia varten ja niistä voidaan tehdä animaatioita.

1.4 CFX Solver

Solver on koko CFX-ohjelmiston ydin. Se laskee virtaustehtävän ratkaisun iteratiivisesti käyttäjän esikäsitteijässä määrittämiä yhtälöitä ja muuttujia käyttämällä. Itse ratkaisija on käyttäjälle näkymätön, mutta sillä on käyttöliittymä nimeltään Solver Manager.

Solver Manageria käytetään laskennan tarkkailuun ja hallitsemiseen. Se lukee määrittystiedoston, jonka oletuksia voidaan myös muokata tietyiltä osiltaan ennen laskennan käynnistämistä tiedoista muodostettavan puurakenteen avulla.

Laskennan etenemistä voidaan tarkkailla reaaliaikaisesti tietyistä arvoista piirrettävien kuvien ja tulostettavien tietojen avulla. Laskennan oletukset ja eteneminen kirjataan luettavassa ascii-muodossa .out-tiedostoon.

Laskennan voi keskeyttää ja jatkaa myöhemmin muutetuilla oletusarvoilla siten, että alkuvauksena käytetään jo laskettuja tuloksia.

1.5 Käytettävyyšnäkökulmia

CFX:n hyväksi puoleksi on osoittautunut **logiikan** tietynlainen **järjestelmällisyys**: eteneminen tapahtuu yleensä loogisesti “vasemmalta oikealle” ja “ylhäältä alas”. Kaikkien toimintojen kirjoittaminen lokitiedostoon on myös hyödyllistä, koska prosessi voidaan näin toistaa kokonaan tai osittain tiettyyn pisteeseen, josta voidaan edetä toisella tavalla. Muutoksista ei kuitenkaan tehdä sellaista lokia, josta esimerkiksi geometrian reunaehtojen muutokset näkisi helposti. DI Korpijärvi tekeekin käsin lokia, josta näkee tietyn projektin **muutoshistorian**. Tästä on suurta hyötyä, kun projektin pariin palataan myöhemmin ja projektin yksityiskohdat ovat jo osin ehtineet unohtua.

CFX:ssä ei kosketa laskentaohjelmaan, koska laskentaan liittyvät tiedot asetaan valikoiden avulla tai korkeintaan syöttämällä joitakin omia yhtälöitä. Tämän vuoksi käyttäjä ei varsinaisesti tiedä miten laskenta käytännössä tapahtuu. Se voi kuitenkin tietyissä tapauksissa olla jopa vaarallista, koska se vaikeuttaa virheiden paikallistamista.

Geometrian muuttaminen jälkikäteen on hyvin työlästä, koska se joudutaan käytännössä tekemään purkamalla geometrian muutettava osa ja luomalla se sitten uudelleen. Tällöin myös reunaehdot menevät helposti sekaisin, koska ne tallennetaan suhteellisina viittauksina solidin pintoihin. Verstaan alisovelluksissa geometrian muokattavuus on valitun toteutustavan vuoksi oleellisesti parempi, minkä vuoksi **geometriagallerian** olemassaolo olisi perusteltua.

CFX:n **jakaantuminen kolmeen erilliseen sovellukseen** haittaa jonkin verran käytettävyyttä, varsinkin tilanteissa joissa verkkoa joudutaan tarkastelemaan jälkikäsitteijässä ja muokkaamaan esikäsitteijässä. Osiin jakaminen on kuitenkin perusteltua mm. siksi, että sovellukset käyttävät hyvin paljon muistia.

Raportointia DI Korpijärvi ei ole kokenut erityisen työlääksi, koska hänellä on käytössään valmis raporttipohja (Word-dokumentti), johon tulokset saadaan CFX:stä kätevästi liitettyä. Yhtälöiden yksityiskohdat eivät yleensä juurikaan kiinnosta asiakasta, vaan oleellisempaa tietoa ovat laskennan tulokset sekä käytetyt oletukset ja yksinkertaistukset.