



### **Preconditioning van het *Multi Level Fast Multipole Algorithm* Verbetering van de efficiency van radarsignatuur analyse methoden**

Een heel belangrijke parameter voor de inzetbaarheid van jachtvliegtuigen is de radarsignatuur: de mate waarin het platform voor een vijandige radar waarneembaar is. De Vakgroep Numerieke Wiskunde heeft een langlopende samenwerking met de Afdeling Flight Physics & Loads van het Nationaal Lucht en Ruimtevaartlaboratorium NLR met betrekking tot de ontwikkeling van rekenmethoden voor radarsignatuur analyse.

Deze radarsignatuur van een platform kan berekend worden door het numeriek oplossen van de Maxwell vergelijkingen in het frequentiedomein, in dit geval geformuleerd als een randintegraalvergelijking, de zogenaamde Combined Field Integral Equation (CFIE). De discretisatie van deze randintegraalvergelijking met behulp van de eindige elementen methode leidt tot een volle matrix, die voor problemen met een klein aantal vrijheidsgraden ( $<100000$ ) met een directe lineaire solver kan worden geïnverteerd. Voor zeer grote problemen wordt het geheugen beslag en de rekeninspanning van de directe methode onaanvaardbaar groot. Voor het efficiënt oplossen van gediscretiseerde integraalvergelijkingen is in de late jaren tachtig van de vorige eeuw de Fast Multipole Method (FMM) en zijn multi-level variant de Multi Level Fast Multipole Algorithm (MLFMA) ontwikkeld door Greengard en Rokhlin. In dit algoritme wordt het originele stelsel vergelijkingen benaderd door een ijle matrix en iteratief opgelost met  $O(n \ln n)$  operaties. Dit algoritme is door Dongarra en Sullivan uitgeroepen tot 1 van de 10 *meest invloedrijke wiskundige ontwikkelingen van de 20ste eeuw*.

In vele gevallen wordt geprobeerd de convergentie van het iteratieve proces van de MLFMA te versnellen door het toepassen van een preconditioning. Hierbij worden in de regel klassieke preconditioneringstechnieken ingezet, zoals ILU en AI.

Een van de speerpunten van het onderzoek van de Vakgroep Numerieke Wiskunde is de ontwikkeling van

efficiënte iteratieve methoden en preconditioneringstechnieken voor het oplossen van grootschalige lineaire stelsels. In het bijzonder voor gediscrètiseerde golfvergelijkingen zijn uitstekende resultaten behaald met de zogenaamde *Shifted-Laplace* preconditionering en *deflatie*. Het doel van het voorgestelde afstudeerproject is het onderzoeken van de toepasbaarheid van deze Shifted-Laplace preconditionering voor het verder versnellen van de convergentie van de gediscrètiseerde CFIE met MLFMA versnelling. Ook alternatieve preconditioneringstechnieken zullen moeten worden onderzocht. In het bijzonder moet aandacht worden besteed aan het feit dat de toegepaste preconditionering de schalingseigenschappen van het MLFMA niet mag ondermijnen.

Het project zal worden uitgevoerd bij het Nationaal Lucht en Ruimtevaartlaboratorium te Amsterdam.