

Computación Avanzada en Problemas Estáticos y Dinámicos de Gran Dimensión: Aplicación al Cálculo de Estructuras

El trabajo realizado en esta tesis doctoral ha consistido en la aplicación de la Computación de Altas Prestaciones, las Tecnologías Grid y las Tecnologías Cloud al cálculo estático y dinámico lineal de estructuras de edificación e ingeniería civil mediante el método de los elementos finitos.

Gracias a la eficiencia de los métodos numéricos actuales, plasmados en librerías numéricas de dominio público, y a la disponibilidad de librerías de comunicación y sincronización entre los elementos de proceso, bien sea mediante paso de mensajes o por memoria compartida, la aplicación de la Computación de Altas Prestaciones al cálculo estructural ha permitido llevar a cabo un análisis riguroso y realista de estructuras de gran dimensión y complejidad, con unos tiempos de respuesta razonablemente reducidos. Además de utilizar librerías numéricas paralelas de dominio público (dedicadas a la resolución de sistemas de ecuaciones lineales mediante métodos directos con MUMPS, PaStiX y PARDISO o métodos iterativos con PETSc y hypre o la resolución del problema de valores propios generalizado con SLEPc) se ha empleado el paradigma de programación paralela multinivel, el cual combina el desarrollo de algoritmos mediante MPI y OpenMP, a fin de garantizar la portabilidad y obtener las mejores prestaciones en distintos sistemas operativos, como Linux y Windows, sobre diferentes plataformas computacionales paralelas.

El cálculo estático se ha llevado a cabo mediante el Método de la Rigidez, donde se han paralelizado las diferentes etapas que lo componen. En el caso del análisis dinámico, la ecuación dinámica de segundo orden se ha resuelto mediante la paralelización de numerosos métodos de integración directa, así como mediante técnicas de análisis modal, superposición modal y análisis modal espectral. En el caso concreto del análisis modal espectral, se han paralelizado un amplio número de métodos de combinación modal de los resultados, acompañados de distintas técnicas de combinación direccional y diferentes alternativas que intentan proporcionar el signo de los resultados.

Con el objetivo de que dicha aplicación paralela desarrollada pueda estar a disposición de una amplia comunidad de arquitectos e ingenieros estructurales, se han implementado y desplegado sendos servicios Grid y Cloud que ofrecen un análisis estructural por internet seguro, fiable y de alta productividad bajo una arquitectura orientada a servicio. Dichos servicios integran componentes, como GMarte, para la planificación de tareas, la recogida de resultados y la tolerancia a fallos en plataformas Grid o incorporan los desarrollos del proyecto europeo VENUS-C, para el despliegue del servicio sobre Microsoft Azure o sobre una infraestructura Cloud "on-premise" gestionada por COMPS.

La competitividad demostrada por el simulador estructural en sus tiempos de respuesta, inclusive a nivel secuencial, con respecto a otros paquetes software disponibles y ampliamente utilizados, ha dado lugar a su incorporación en diferentes aplicaciones. Bajo un entorno de carácter investigador, forma parte de un sistema de optimización estructural, en colaboración con el departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras (DMMCTE) de la UPV. En un ámbito profesional, el simulador se ha incorporado en dos aplicaciones comerciales. Por un lado en Architrave, una aplicación de cálculo estático y dinámico estructural, desarrollada por la UPV y con más de 3550 usuarios, dotada de un atractivo interfaz gráfico que se distribuye por parte de la empresa Preference. A nivel profesional, Architrave se ha descargado en 22 países y cuenta, a nivel académico, con alumnos y profesores de 54 universidades de 8 países diferentes. Adicionalmente, la empresa Preference ha incorporado la versión estática del simulador a su producto PrefSuite, un paquete software comercializado a nivel mundial en el ámbito de la carpintería metálica y el cálculo estructural en 3D de muros cortina.