

250970 - DESDOMCOM - Descomposición de Dominios y Computación a Gran Escala

| | | | |
|---------------------|---|-------------------|--------|
| Unidad responsable: | 250 - ETSECCPB - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona | | |
| Unidad que imparte: | 751 - DECA - Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental | | |
| Curso: | 2015 | | |
| Titulación: | MÁSTER UNIVERSITARIO EN MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA (Plan 2012). (Unidad docente Obligatoria) MÁSTER UNIVERSITARIO ERASMUS MUNDUS EN MECÁNICA COMPUTACIONAL (Plan 2013). (Unidad docente Optativa) | | |
| Créditos ECTS: | 5 | Idiomas docencia: | Inglés |

Profesorado

| | |
|--------------|--|
| Responsable: | SANTIAGO IGNACIO BADIA RODRIGUEZ |
| Otros: | SANTIAGO IGNACIO BADIA RODRIGUEZ, ALBERTO FRANCISCO MARTIN HUERTAS |

Competencias de la titulación a las cuales contribuye la asignatura

Específicas:

- 8378. Conocimientos de modelización numérica práctica. Capacidad para adquirir conocimientos en modelización numérica avanzada aplicada a distintas áreas de la ingeniería tales como: o Ingeniería civil y medioambiental o Ingeniería mecánica y aeroespacial o Nanoingeniería y bioingeniería o Ingeniería naval y marina, etc.
- 8379. Conocimientos del estado del arte en algoritmos numéricos. Capacidad para ponerse al día en las últimas tecnologías numéricas para la resolución de problemas de ingeniería y ciencias aplicadas.
- 8380. Conocimientos de modelización de materiales Capacidad para adquirir los conocimientos relativos a los modelos físicos modernos de ciencia de materiales (modelos constitutivos avanzados) en mecánica de sólidos y de fluidos.
- 8382. Experiencia en simulaciones numéricas. Adquisición de soltura en las herramientas de simulación numérica modernas y su aplicación en problemas multidisciplinares de ingeniería y ciencias aplicadas.
- 8383. Interpretación de modelos numéricos. Comprender la aplicabilidad y las limitaciones de las distintas técnicas de cálculo por ordenador.
- 8384. Experiencia en la programación de métodos de cálculo. Capacidad para adquirir formación en el desarrollo y utilización de programas de cálculo existentes, así como de pre y post procesadores, conocimiento de lenguajes de programación y de librerías de cálculo estándar.

Metodologías docentes

La asignatura consta de 0,5 horas a la semana de clases presenciales en un aula (grupo grande) y 1 hora semanal con la mitad de los estudiantes (grupo mediano).

Se dedican a clases teóricas 0,5 horas en un grupo grande, en él que el profesorado expone los conceptos y materiales básicos de la materia, presenta ejemplos y realiza ejercicios.

Se dedica 1 hora (Grupo mediano), a la resolución de problemas con una mayor interacción con los estudiantes. Se realizan ejercicios prácticos con el fin de consolidar los objetivos de aprendizaje generales y específicos.

El resto de horas semanales se dedica a prácticas de laboratorio.

Se utiliza material de apoyo en formato de plan docente detallado mediante el campus virtual ATENEA: contenidos, programación de actividades de evaluación y de aprendizaje dirigido y bibliografía.

250970 - DESDOMCOM - Descomposición de Dominios y Computación a Gran Escala

Objetivos de aprendizaje de la asignatura

Este curso proporciona al estudiante con diferentes herramientas numéricas para la solución de grandes elementos lineales que son el resultado de la discretización de ecuaciones diferenciales parciales en máquinas de memoria distribuida a gran escala (super ordenadores). Nos centraremos primordialmente en los métodos iterativos de subespacios de Krylov y preconditionantes de descomposición de dominios. El estudiante además hará un primer acercamiento a computación paralela, programación multi-threaded (OpenMP), y programación message-passing (MPI).

- * Entender los beneficios y limitaciones de solutores directos e iterativos dispersos
- * Comprender la importancia de preconditionadores, y su impacto en el rendimiento computacional de los solutores
- * Entender cómo definir / implementar preconditionadores que explotan de manera eficiente concurrencia (superordenadores)
- * Entender los diferentes tipos de escalabilidad y las principales características que un algoritmo debe tener al fin de ser escalable
- * Entender los algoritmos de descomposición de dominios, sus propiedades y limitaciones
- * Estar familiarizado con la programación multi-threading (OpenMP) y la programación de message passing (MPI)
- * Poder implementar solutores paralelos OpenMP / MPI basado en preconditionadores de descomposición de dominios y solutores iterativos de los subespacios de Krylov
- * Preliminares -Discretización de elementos finitos
- * Preliminares - Introducción al algebra numérica lineal
- * Algoritmos de descomposición de dominios
- * Algoritmos de descomposición de balance de dominios
- * Computación de alto rendimiento

REFERENCIAS

=====

Domain Decomposition Algorithms

A. Toselli and O. Widlund. Springer, 2005

Domain Decomposition: Parallel Multilevel Methods for Elliptic Partial Differential Equations

B. Smith, P. Bjorstad, and W. Gropp. Cambridge University Press, 2004

Finite Elements and Fast Iterative Solvers

H. Elman, D. Silvester, A. Wathen. Oxford Science Publications, 2006

Iterative Methods for Sparse Linear Systems

Y. Saad. SIAM books, 2006

Numerical Solution of Partial Differential Equations by the Finite Element Method.

C. Johnson. Dover, 2009

The Sourcebook of Parallel Computing

J. Dongarra, I. Foster, G. C. Fox, W. Gropp, K. Kennedy, L. Torczon, A. White.

Morgan Kaufmann, 2003.

Introduction to High-Performance Scientific Computing

250970 - DESDOMCOM - Descomposición de Dominios y Computación a Gran Escala

Victor Eijkhout, Edmond Chow, R. van de Geijn. lulu publications, 2011.

Scientific Parallel Computing

L. R. Scott, T. Clark, and B. Bagheri.

Princeton University Press, 2005.

Numerical Linear Algebra on High-Performance Computers

J. Dongarra, I. S. Duff, D. C. Sorensen, H. A. van der Vorst. SIAM books, 1998.

Este curso proporciona al estudiante con diferentes herramientas numéricas para la solución de grandes elementos lineales que son el resultado de la discretización de ecuaciones diferenciales parciales en máquinas de memoria distribuida a gran escala (super ordenadores). Nos centraremos primordialmente en los métodos iterativos de subespacios de Krylov y preconditionants de descomposición de dominios. El estudiante además acercará por primera vez en la computación paralela, programación multi-threaded (OpenMP), y programación message-passing (MPI). * Entender los beneficios y limitaciones de solutores directos e iterativos dispersos * Comprender la importancia de preconditionadores, y su impacto en el rendimiento computacional de los solutores * Entender cómo definir / implementar preconditionadores que explotan de manera eficiente concurrencia (superordenadores) * Entender los diferentes tipos de escalabilidad y las pr

Horas totales de dedicación del estudiantado

| | | | |
|------------------------|----------------------------|---------|--------|
| Dedicación total: 125h | Grupo grande/Teoría: | 7h 30m | 6.00% |
| | Grupo mediano/Prácticas: | 15h | 12.00% |
| | Grupo pequeño/Laboratorio: | 17h 30m | 14.00% |
| | Actividades dirigidas: | 5h | 4.00% |
| | Aprendizaje autónomo: | 80h | 64.00% |

250970 - DESDOMCOM - Descomposición de Dominios y Computación a Gran Escala

Contenidos

| | |
|---|--|
| <p>PRELIMINARES</p> | <p>Dedicación: 4h 48m</p> <p>Grupo grande/Teoría: 2h Aprendizaje autónomo: 2h 48m</p> |
| <p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> 0.1 PDEs in strong form 0.2 PDEs in weak form 0.3 Galerkin discretization 0.4 Finite element spaces 1.1 Eigenvalues of a matrix 1.2 Condition number 1.3 Ill-conditioning 1.4 Conditioning of the mass matrix 1.5 Conditioning of the Laplacian matrix 1.6 Gaussian elimination 1.7 Richardson and Steepest Descent Method 1.8 Conjugate Gradient Method 1.9 Combining Preconditioners 1.10 Krylov methods for indefinite and nonsymmetric matrices | |
| <p>BALANCING DOMAIN DECOMPOSITION ALGORITHMS</p> | <p>Dedicación: 50h 24m</p> <p>Grupo grande/Teoría: 6h Grupo mediano/Prácticas: 15h Aprendizaje autónomo: 29h 24m</p> |
| <p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> 2.1 Motivation of DDM <ul style="list-style-type: none"> 2.1.1 Overlapping approach 2.1.2 Nonoverlapping approach 2.2 Overlapping subdomain algorithms <ul style="list-style-type: none"> 2.2.1 Additive Schwarz algorithms 2.2.2 Multiplicative Schwarz algorithms 2.3 Nonoverlapping subdomain algorithms <ul style="list-style-type: none"> 2.3.1 Dirichlet-Neumann 2.3.2 Neumann-Neumann 2.3.3 The case of many subdomains 3.1 Coarse level algorithms 3.2 Balancing Neumann-Neumann 3.3 BDDC 3.4 Implementation aspects 3.5 Numerical experimentation 3.6 Further topics <p>FINAL ASSIGNMENT</p> | |

250970 - DESDOMCOM - Descomposición de Dominios y Computación a Gran Escala

| | |
|--|--|
| HIGH PERFORMANCE COMPUTING | Dedicación: 40h 48m Grupo pequeño/Laboratorio: 17h Aprendizaje autónomo: 23h 48m |
| Descripción: 4.1 Parallel architectures (shared vs distributed memory) 4.2 Parallel efficiency 4.3 Programming paradigms (OpenMP vs MPI) 4.4 Data structures in numerical linear algebra 4.5 Domain decomposition via graph partitioning 4.6 Parallelization of an unpreconditioned linear system 4.7 Parallelization of one-level DD preconditioners 4.8 Introduction to the HPC assignment | |

Sistema de calificación

La calificación de la asignatura se obtiene a partir de las calificaciones de evaluación continuada y de las correspondientes de laboratorio y/o aula informática.

La evaluación continua consiste en hacer diferentes actividades, tanto individuales como de grupo, de carácter aditivo y formativo, realizadas durante el curso (dentro del aula y fuera de ella).

La calificación de enseñanzas en el laboratorio es la media de las actividades de este tipo.

Las pruebas de evaluación constan de una parte con cuestiones sobre conceptos asociados a los objetivos de aprendizaje de la asignatura en cuanto al conocimiento o la comprensión, y de un conjunto de ejercicios de aplicación.

Normas de realización de las actividades

Si no se realiza alguna de las actividades de laboratorio o de evaluación continua en el periodo programado, se considerará como puntuación cero.

Bibliografía

Básica:

Toselli, A.; Widlund, O.B. Domain decomposition methods : algorithms and theory [en línea]. Berlin, Heidelberg: Springer, 2005 [Consulta: 23/02/2016]. Disponible a: <<http://dx.doi.org/10.1007/b137868>>. ISBN 3540206965.

Smith, B.; Bjorstad, P.; Gropp, W.D. Domain decomposition : parallel multilevel methods for elliptic partial differential equations. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. ISBN 052149589X.

Elman, H.C.; Silvester, D.J.; Wathen, A.J. Finite elements and fast iterative solvers : with applications in incompressible fluid dynamics. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2014. ISBN 9780199678808.