

Guia docent

270602 - CPDS - Concurrencia, Paralelisme i Sistemes Distribuïts

Última modificació: 20/07/2020

Unitat responsable: Facultat d'Informàtica de Barcelona
Unitat que imparteix: 701 - DAC - Departament d'Arquitectura de Computadors.
723 - CS - Departament de Ciències de la Computació.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN INNOVACIÓ I RECERCA EN INFORMÀTICA (Pla 2012). (Assignatura obligatòria).

Curs: 2020 **Crèdits ECTS:** 6.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: JORDI GUITART FERNANDEZ

Altres: Primer quadrimestre:
JORGE CASTRO RABAL - 11
JOAQUIN GABARRÓ VALLÉS - 11
MARC GONZÀLEZ TALLADA - 11
JORDI GUITART FERNANDEZ - 11

CAPACITATS PRÈVIES

Concurrencia: coneixements de Java a nivell de classes i objectes.

Paralelisme: coneixements bàsics d'arquitectures paral·leles, incloent multiprocessadors amb memòria compartida i distribuïda.

Distribució: coneixements de l'estructura interna i el funcionament d'un sistema operatiu i d'una xarxa de computadors.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CEE4.2. Capacidad de analizar, evaluar, diseñar y optimizar software considerando la arquitectura y de proponer nuevas técnicas de optimización.

Genèriques:

CG1. Capacidad para aplicar el método científico en el estudio y análisis de fenómenos y sistemas en cualquier ámbito de la Informática, así como en la concepción, diseño e implantación de soluciones informáticas innovadoras y originales.

CG5. Capacidad para aplicar soluciones innovadoras y realizar avances en el conocimiento que exploten los nuevos paradigmas de la Informática, particularmente en entornos distribuidos.

Transversals:

CTR3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip, ja sigui com a un membre més, ja sigui realitzant tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes d'una manera pragmàtica i amb sentit de la responsabilitat; assumir compromisos tenint en compte els recursos disponibles.

CTR6. RAONAMENT: Capacitat de raonament crític, lògic i matemàtic. Capacitat de resoldre problemes en la seva àrea d'estudi. Capacitat d'abstracció: capacitat de crear i utilitzar models que reflecteixin situacions reals. Capacitat de dissenyar i realitzar experiments senzills, i analitzar-ne i interpretar-ne els resultats. Capacitat d'anàlisi, de síntesi i d'avaluació.

METODOLOGIES DOCENTS

Durant el curs es realitzaran dos tipus d'activitats:

- a) Activitats centrades en l'adquisició de coneixements teòrics.
- b) Activitats centrades en l'adquisició de coneixements mitjançant experimentació amb la implementació i avaluació empírica al laboratori dels mecanismes explicats a nivell teòric.

Les activitats teòriques inclouen classes expositives participatives on s'expliquen els continguts bàsics del curs. Les activitats pràctiques inclouen seminaris de laboratori on els alumnes implementen els mecanismes descrits a les classes expositives. Els seminaris requereixen d'una preparació prèvia mitjançant la lectura de l'enunciat i la documentació de suport, i una elaboració posterior de les conclusions obtingudes en un informe.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

1. Entendre la definició de sistema distribuït i les seves possibles aplicacions, a més dels desafiaments que s'han d'afrontar pel seu disseny i implementació.
2. Entendre la problemàtica del temps i l'ordenació d'events en un sistema distribuït i explicar i implementar els mecanismes de rellotges lògics per atacar aquesta problemàtica i els algorismes per sincronitzar rellotges físics en un sistema distribuït.
3. Entendre la problemàtica d'obtenir un estat global consistent en un sistema distribuït i explicar el mecanisme de snapshot distribuït per atacar aquesta problemàtica, a més de definir predicats globals per l'avaluació de propietats en un sistema distribuït.
4. Descriure, comparar i implementar els algorismes per la coordinació de processos en un sistema distribuït, incloent la coordinació necessària per elecció de líder, comunicació en grup multicast, i consens.
5. Comprendre la problemàtica de l'execució concurrent de transaccions i descriure, comparar i implementar diferents mecanismes de control de concurrència.
6. Ampliar el concepte de transacció, el protocol de commit i els mecanismes de control de concurrència a un sistema distribuït.
7. Comprendre l'aplicació de la replicació en un sistema distribuït, a més de la problemàtica que s'introdueix a nivell de consistència, i descriure els models de consistència corresponents i la seva implementació.
8. Comprendre els problemes que pot causar l'accés concurrent de diversos agents (threads) als recursos. Conèixer les estratègies de disseny que assegurin una correcta coordinació dels agents i evitin les inconveniències de l'accés concurrent
9. Adquirir destresa en el disseny de programes concurrents en el paradigma de memòria compartida.
10. Adquirir destresa en el disseny de programes concurrents en el paradigma de pas de missatges
11. Entendre i mesurar el paral·lelisme potencial en una aplicació seqüencial, i també el rendiment obtingut per una implementació paral·lela
12. Decidir l'estratègia de descomposició per expressar el paral·lelisme d'una aplicació
13. Especificar usant un model de programació paral·lela la paral·lelització d'una aplicació, d'acord amb una descomposició basada en tasques i/o dades

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

| Tipus | Hores | Percentatge |
|-----------------------|-------|-------------|
| Activitats dirigides | 3,0 | 1.99 |
| Grup gran/Teoria | 26,0 | 17.22 |
| Aprenentatge autònom | 96,0 | 63.58 |
| Grup petit/Laboratori | 26,0 | 17.22 |

Dedicació total: 151 h

CONTINGUTS

Sistemes de transició i algebra de processos

Descripció:

Processos seqüencials i sistemes de transició. Contruccions prefix i choice. Concurrència de processos, concepte i construcció. Anàlisi de sistemes de transició. Implementacions en Java i Erlang.



Comprensió del paral·lelisme

Descripció:

Introducció a arquitectures paral·leles: arquitectures i acceleradors de memòria compartida i distribuïda. Gràfic de tasques: nodes i arestes. Mètriques. Speed-up i eficiència. Llei Amdahl.

Conceptes de sistemes distribuïts

Descripció:

Definició de sistema distribuït. Possibles aplicacions d'un sistema distribuït. Exemples de sistemes distribuïts. Desafiaments per dissenyar i implementar un sistema distribuït: heterogeneïtat, seguretat, absència de visió global, concurrència, absència d'un únic punt de control, asincronia, obertura, transparència, tolerància a fallades, escalabilitat.

Propietats de seguretat (safety) i vivacitat (liveness).

Descripció:

Descripció i exemples de propietats de seguretat. Anàlisi propietats de seguretat sobre sistemes de transició. Descripció de les propietats de vivacitat i especialment de les propietats de progrés. Anàlisi de propietats de progrés en sistemes de transició.

Concurrència, exclusió mútua i condicions de sincronització. Deadlock.

Descripció:

El problema de la interferència destructiva. Locks i exclusió mútua. Semàfors, monitors i condicions de sincronització. El problema del deadlock i la seva anàlisi sobre sistemes de transició. Estratègies de disseny per impedir deadlocks.

Pas de missatges. Arquitectures

Descripció:

Descripció del paradigma de pas de missatges. L'arquitectura client/servidor. Introducció a altres arquitectures: Filter pipeline, supervisor/worker, announcer/listener. Pas de missatges en Erlang. Dissenys d'arquitectures en Erlang.

Predicció i anàlisi del rendiment

Descripció:

Utilització de models i eines per comprendre el paral·lelisme i el rendiment (Tareador, Extra, Paraver i Dimemas).

Programació de memòria distribuïda mitjançant MPI

Descripció:

Descripció general de l'arquitectura del clúster. Creació, identificació i resolució de processos. Operacions col·lectives punt a punt. Comunicacions síncrones vs asincròniques.

Programació de dispositius GPU per a l'acceleració de la computació mitjançant CUDA

Descripció:

Descripció de l'arquitectura GPU. Descomposicions adequades per a l'acceleració GPU. Principis de programació CUDA. Model d'execució paral·lela CUDA: amfitrió i dispositiu.

Algorismes distribuïts: Temps, estat global, coordinació i consens

Descripció:

Temps i l'ordenació d'events en un sistema distribuït. Relotges lògics: relació happened-before, relotges lògics de Lamport (escalars, vectorials). Algorismes per sincronitzar relotges físics en un sistema distribuït: Cristian (NTP), Berkeley. Estat global consistent en un sistema distribuït. Mecanisme de snapshot distribuït de Chandy i Lamport. Predicats globals per l'avaluació de propietats en un sistema distribuït: propietats dels predicats (estabilitat), ocurrència dels predicats (possibly, definitely). Coordinació de processos en un sistema distribuït per l'elecció de líder: Bully, Ring. Coordinació de processos en un sistema distribuït per la comunicació en grup multicast: multicast fiable bàsic, multicast fiable escalable, multicast ordenat (FIFO, causal, total), atomic multicast. Coordinació de processos en un sistema distribuït per garantir el consens: problema dels dos exèrcits, algorisme de Dolev & Strong, problema dels generals Byzantins, Paxos

Dades compartides distribuïdes: Transaccions, consistència i replicació

Descripció:

Execució concurrent de transaccions: lost update, inconsistent retrievals, equivalència sèrie, recuperació d'aborts (dirty read, premature write). Mecanismes de control de concurrència: two-phase locking (incloent detecció i tractament de deadlock), optimistic concurrency control, timestamp ordering. Transacció distribuïda. Protocols de commit distribuït: one-phase i two-phase. Mecanismes de control de concurrència en un sistema distribuït: two-phase locking (incloent detecció i tractament de deadlock distribuït), optimistic concurrency control, timestamp ordering. Replicació i consistència en un sistema distribuït. Models de consistència forta centrats en les dades: estricta, linearizability, seqüencial. Models de consistència relaxada centrats en les dades: ús de variables de sincronització. Models de consistència centrats en el client: eventual, monotonic-read, monotonic-write, read-your-writes, writes-follow-reads. Implementacions de models de consistència: protocols basats en primari (remote-write, local-write) i protocols d'escriptura replicada (replicació activa, protocols basats en quòrum)

ACTIVITATS

Conceptes fonamentals de concurrència, paral·lelisme i distribució

Descripció:

Preparació de la classe amb l'ajuda del material de suport. Comprensió i assimilació dels continguts del tema per la seva aplicació posterior

Objectius específics:

1, 8, 11

Competències relacionades:

CG5. Capacidad para aplicar soluciones innovadoras y realizar avances en el conocimiento que exploten los nuevos paradigmas de la Informática, particularmente en entornos distribuidos.

CG1. Capacidad para aplicar el método científico en el estudio y análisis de fenómenos y sistemas en cualquier ámbito de la Informática, así como en la concepción, diseño e implantación de soluciones informáticas innovadoras y originales.

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos.

CEE4.2. Capacidad de analizar, evaluar, diseñar y optimizar software considerando la arquitectura y de proponer nuevas técnicas de optimización.

Dedicació: 20h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 4h

Aprenentatge autònom: 12h



Primer mòdul escollit: Concurrencia o Paral·lelisme o Distribució

Descripció:

Preparació de la classe amb l'ajuda del material de suport. Comprensió i assimilació dels continguts del temes associats al mòdul corresponent per la seva aplicació posterior en les sessions pràctiques.

Dedicació: 50h

Grup gran/Teoria: 10h

Grup petit/Laboratori: 10h

Aprenentatge autònom: 30h

Segon mòdul escollit: Concurrencia o Paral·lelisme o Distribució

Descripció:

Preparació de la classe amb l'ajuda del material de suport. Comprensió i assimilació dels continguts del temes associats al mòdul corresponent per la seva aplicació posterior en les sessions pràctiques.

Dedicació: 50h

Grup gran/Teoria: 10h

Grup petit/Laboratori: 10h

Aprenentatge autònom: 30h

Mòdul I: Concurrencia

Descripció:

Preparació de la classe amb l'ajuda del material de suport. Comprensió i assimilació dels continguts del temes associats al Mòdul I (concurrencia) per la seva aplicació posterior en les sessions pràctiques.

Objectius específics:

8, 9, 10

Competències relacionades:

CG1. Capacidad para aplicar el método científico en el estudio y análisis de fenómenos y sistemas en cualquier ámbito de la Informática, así como en la concepción, diseño e implantación de soluciones informáticas innovadoras y originales.

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CEE4.2. Capacidad de analizar, evaluar, diseñar y optimizar software considerando la arquitectura y de proponer nuevas técnicas de optimización.

CTR3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip, ja sigui com a un membre més, ja sigui realitzant tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes d'una manera pragmàtica i amb sentit de la responsabilitat; assumir compromisos tenint en compte els recursos disponibles.



Mòdul II: Paral·lelisme

Descripció:

Preparació de la classe amb l'ajuda del material de suport. Comprensió i assimilació dels continguts del temes associats al Mòdul II (paral·lelisme) per la seva aplicació posterior en les sessions pràctiques.

Objectius específics:

11, 12, 13

Competències relacionades:

CG5. Capacidad para aplicar soluciones innovadoras y realizar avances en el conocimiento que exploten los nuevos paradigmas de la Informática, particularmente en entornos distribuidos.

CG1. Capacidad para aplicar el método científico en el estudio y análisis de fenómenos y sistemas en cualquier ámbito de la Informática, así como en la concepción, diseño e implantación de soluciones informáticas innovadoras y originales.

CEE4.2. Capacidad de analizar, evaluar, diseñar y optimizar software considerando la arquitectura y de proponer nuevas técnicas de optimización.

CTR3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip, ja sigui com a un membre més, ja sigui realitzant tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes d'una manera pragmàtica i amb sentit de la responsabilitat; assumir compromisos tenint en compte els recursos disponibles.

CTR6. RAONAMENT: Capacitat de raonament crític, lògic i matemàtic. Capacitat de resoldre problemes en la seva àrea d'estudi.

Capacitat d'abstracció: capacitat de crear i utilitzar models que reflecteixin situacions reals. Capacitat de dissenyar i realitzar experiments senzills, i analitzar-ne i interpretar-ne els resultats. Capacitat d'anàlisi, de síntesi i d'avaluació.

Mòdul III: Distribució

Descripció:

Preparació de la classe amb l'ajuda del material de suport. Comprensió i assimilació dels continguts del temes associats al Mòdul III (distribució) per la seva aplicació posterior en les sessions pràctiques.

Objectius específics:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Competències relacionades:

CG5. Capacidad para aplicar soluciones innovadoras y realizar avances en el conocimiento que exploten los nuevos paradigmas de la Informática, particularmente en entornos distribuidos.

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CTR3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip, ja sigui com a un membre més, ja sigui realitzant tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes d'una manera pragmàtica i amb sentit de la responsabilitat; assumir compromisos tenint en compte els recursos disponibles.

CTR6. RAONAMENT: Capacitat de raonament crític, lògic i matemàtic. Capacitat de resoldre problemes en la seva àrea d'estudi.

Capacitat d'abstracció: capacitat de crear i utilitzar models que reflecteixin situacions reals. Capacitat de dissenyar i realitzar experiments senzills, i analitzar-ne i interpretar-ne els resultats. Capacitat d'anàlisi, de síntesi i d'avaluació.



Preparació examen

Descripció:

Repàs general i preparació examen final

Objectius específics:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

Competències relacionades:

CG5. Capacidad para aplicar soluciones innovadoras y realizar avances en el conocimiento que exploten los nuevos paradigmas de la Informática, particularmente en entornos distribuidos.

CG1. Capacidad para aplicar el método científico en el estudio y análisis de fenómenos y sistemas en cualquier ámbito de la Informática, así como en la concepción, diseño e implantación de soluciones informáticas innovadoras y originales.

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CEE4.2. Capacidad de analizar, evaluar, diseñar y optimizar software considerando la arquitectura y de proponer nuevas técnicas de optimización.

CTR3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip, ja sigui com a un membre més, ja sigui realitzant tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes d'una manera pragmàtica i amb sentit de la responsabilitat; assumir compromisos tenint en compte els recursos disponibles.

CTR6. RAONAMENT: Capacitat de raonament crític, lògic i matemàtic. Capacitat de resoldre problemes en la seva àrea d'estudi.

Capacitat d'abstracció: capacitat de crear i utilitzar models que reflecteixin situacions reals. Capacitat de dissenyar i realitzar experiments senzills, i analitzar-ne i interpretar-ne els resultats. Capacitat d'anàlisi, de síntesi i d'avaluació.

Dedicació: 12h

Activitats dirigides: 4h

Aprenentatge autònom: 8h

Examen final

Descripció:

Assimilació dels conceptes dels curs i realització de l'examen

Objectius específics:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

Competències relacionades:

CG5. Capacidad para aplicar soluciones innovadoras y realizar avances en el conocimiento que exploten los nuevos paradigmas de la Informática, particularmente en entornos distribuidos.

CG1. Capacidad para aplicar el método científico en el estudio y análisis de fenómenos y sistemas en cualquier ámbito de la Informática, así como en la concepción, diseño e implantación de soluciones informáticas innovadoras y originales.

CEE2.1. Capacidad para entender los modelos, problemas y algoritmos relacionados con los sistemas distribuidos, así como poder diseñar y evaluar algoritmos y sistemas que traten la problemática de la distribución y ofrezcan servicios distribuidos.

CEE2.3. Capacidad de entender los modelos, problemas y herramientas matemáticas que permiten analizar, diseñar y evaluar redes de computadores y sistemas distribuidos.

CEE4.2. Capacidad de analizar, evaluar, diseñar y optimizar software considerando la arquitectura y de proponer nuevas técnicas de optimización.

CTR3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip, ja sigui com a un membre més, ja sigui realitzant tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes d'una manera pragmàtica i amb sentit de la responsabilitat; assumir compromisos tenint en compte els recursos disponibles.

CTR6. RAONAMENT: Capacitat de raonament crític, lògic i matemàtic. Capacitat de resoldre problemes en la seva àrea d'estudi.

Capacitat d'abstracció: capacitat de crear i utilitzar models que reflecteixin situacions reals. Capacitat de dissenyar i realitzar experiments senzills, i analitzar-ne i interpretar-ne els resultats. Capacitat d'anàlisi, de síntesi i d'avaluació.

Dedicació: 18h

Activitats dirigides: 2h

Aprenentatge autònom: 16h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

La nota final es calcula a partir de la nota dels dos mòduls cursats per l'estudiant: $NF=0.5*M1+ 0.5*M2$

Per cada mòdul, hi haurà un examen (EF) i nota de laboratori (L). L'exàmen serà de problemes sobre la teoria explicada. La nota de laboratori reflectirà el treball realitzat en les pràctiques de laboratori. La nota final del mòdul serà $Mi=0.6*EF+ 0.4*L$.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Tanenbaum, A.S.; Steen, M. van. Distributed systems: principles and paradigms. 2nd ed. Pearson Prentice Hall, 2007. ISBN 0136135536.
- Coulouris, G.F.; Dollimore, J.; Kindberg, T.; Blair, G. Distributed systems: concepts and design. 5th ed., int. ed. Addison-Wesley/Pearson Education, 2012. ISBN 0273760599.
- Magee, J.; Kramer, J. Concurrency: state models & Java programs. 2nd ed. John Wiley & Sons, 2006. ISBN 0470093552.
- Armstrong, J. Programming Erlang: software for a concurrent world. 2nd ed. Pragmatic Bookshelf, 2013. ISBN 9781937785536.
- Goetz, B.; Peierls, T.; Bloch, J.; Bowbeer, J.; Holmes, D.; Lea, D. Java concurrency in practice. Addison-Wesley, 2006. ISBN 0321349601.
- Grama, A.; Karypis, G.; Kumar, V.; Gupta, A. Introduction to parallel computing. 2nd ed. Pearson Education, 2003. ISBN 0201648652.

Complementària:

- Cesarini, F.; Thompson, S. Erlang programming. O'Reilly, 2009. ISBN 9780596518189.
- Herlihy, M.; Shavit, N. The art of multiprocessor programming [en línia]. Morgan Kaufmann Publishers, 2012. Disponible a: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=932886>. ISBN 9780123977953.