

FIȘA DISCIPLINEI

1. Date despre program

| | |
|---------------------------------------|--|
| 1.1 Instituția de învățământ superior | Universitatea POLITEHNICA din București |
| 1.2 Facultatea | Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației |
| 1.3 Departamentul | Departamentul de Electronică Aplicată și Ingineria Informației |
| 1.4 Domeniul de studii | Calculatoare și Tehnologia Informației |
| 1.5 Ciclul de studii | Licență |
| 1.6 Programul de studii/Calificarea | Ingineria Informației |

2. Date despre disciplină

| | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---------------|----|-----------------------|------------|-------------------------|-------------|
| 2.1 Denumirea disciplinei | Calcul paralel (CP) | | | | | | |
| 2.2 Titularul activităților de curs | Prof. Dr. Ing. Felicia Ionescu | | | | | | |
| 2.3 Titularul activităților de laborator | S.I. Dr. Ing. Valentin Pupezescu | | | | | | |
| 2.4 Anul de studiu | IV | 2.5 Semestrul | II | 2.6 Tipul de evaluare | Verificare | 2.7 Regimul disciplinei | Obligatorie |

3. Timpul total estimat (ore pe semestru al activităților didactice)

| | | | | | |
|--|----|----------|----|-----------------------|-----|
| 3.1 Număr de ore pe săptămână din care | 4 | 3.2 curs | 2 | 3.3 seminar/laborator | 2 |
| 3.4 Total ore din planul de învățământ din care | 56 | 3.5 curs | 28 | 3.6 seminar/laborator | 28 |
| Distribuția fondului de timp | | | | | ore |
| Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe | | | | | 28 |
| Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren | | | | | 4 |
| Pregătire seminarii/laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri | | | | | 6 |
| Tutoriat | | | | | 0 |
| Examinări | | | | | 4 |
| Alte activități | | | | | 0 |
| 3.7 Total ore studiu individual | | | | | 42 |
| 3.9 Total ore pe semestru | | | | | 98 |
| 3.10 Numărul de credite | | | | | 4 |

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

| | |
|-------------------|---|
| 4.1 de curriculum | Programarea calculatoarelor Structuri de date si algoritmi Programare obiect-orientata Metode numerice Arhitectura microprocesoarelor Arhitectura sistemelor de calcul Sisteme de operare Rețele de calculatoare Ingineria software |
| 4.2 de competențe | Cunoștințe de programare avansata în limbajele C, C++, Java Cunoștințe de arhitectura microprocesoarelor si a sistemelor de calcul Cunoștințe de sisteme de operare Linux, Windows (gestiunea proceselor, a thread-urilor și a memoriei) Rețele de comunicație între calculatoare (protocoale de comunicație) Dezvoltarea proiectelor software si reprezentarea lor in limbajul UML |

5. Condiții (acolo unde este cazul)

| | |
|--------------------------------------|---|
| 5.1 de desfășurare curs | Nu este cazul |
| 5.2 de desfășurare seminar/laborator | Prezența obligatorie la laboratoare (conform regulamentului studiilor universitare în UPB). |

6. Competențe specifice acumulate

| | |
|-------------------------|---|
| Competențe profesionale | C3 - Soluționarea problemelor folosind instrumentele științei și ingineriei calculatoarelor C3.4 - Evaluarea comparativă, inclusiv experimentală, a alternativelor de rezolvare, pentru optimizarea performanțelor C4 - Utilizarea tehnologiilor și mediilor de programare C4.3 - Elaborarea specificațiilor și proiectarea unor sisteme informatice folosind metode și instrumente specifice C4.4 - Gestionarea ciclului de viață a sistemelor hardware, software și de comunicații pe baza evaluării performanțelor |
| Competențe transversale | CT1 - Comportarea onorabilă, responsabilă, etică, în spiritul legii pentru a asigura reputația profesiei |

7. Obiectivele disciplinei (reieșind din grila de competențe specifice acumulate)

| | |
|---------------------------------------|--|
| 7.1 Obiectivul general al disciplinei | Disciplina familiarizează studenții cu tehnicile generale de dezvoltare a algoritmilor paraleli (proiectarea, estimarea performanțelor și analiza algoritmilor paraleli, implementarea algoritmilor paraleli în diferite arhitecturi de calcul paralel (arhitecturi cu memorie partajată și arhitecturi cu transfer de mesaje). Se prezintă templat-uri fundamentale de paralelizare a algoritmilor (bucle perfect paralelizabile, bucle |
|---------------------------------------|--|

paralelizabile cu dependențe, succesiuni de bucle, bucle imbricate pe mai multe niveluri) și se folosesc aceste template-uri pentru proiectarea algoritmilor paraleli fundamentali (operatii cu vectori și matrice, reducerea, rezolvarea sistemelor de ecuații lineare, integrare numerică).

4.2 Obiective specifice

Aplicațiile îi învață pe studenți programarea algoritmilor paraleli folosind biblioteci de programare paralelă (Pthreads, OpenMP, MPI), în clustere Linux. Lucrările de laborator permit studenților:

- Programarea și execuția algoritmilor paraleli
- Măsurarea performanțelor de execuție paralelă și compararea lor cu performanțele estimate
- Evidențierea condițiilor în care calculul paralel este eficient

8. Conținuturi

8.1 Curs

Introducere în calculul paralel, arhitecturi hardware pentru calculul paralel (clasificarea claculoarelor paralele, multiprocesoare, multicalculatoare, sisteme masiv paralele, clustere)

Proiectarea și programarea algoritmilor paraleli (task-uri și dependențe între task-uri, descompunerea algoritmilor în task-uri paralele, comunicația și sincronizarea între task-uri; programarea paralelă folosind procese sau thread-uri paralele; template-uri de paralelizare a algoritmilor: bucle perfect paralelizabile, bucle paralelizabile cu dependențe, bucle succesive, bucle imbricate; utilizarea acestora pentru proiectarea algoritmilor paraleli fundamentali: adunarea vectorilor, adunarea, înmulțirea și ridicarea la putere a matricelor, reducerea

Analiza algoritmilor paraleli (estimarea și analiza performanțelor algoritmilor paraleli: timpul de execuție paralelă, accelerarea, eficiența, costul suplimentar de calcul paralel, algoritmi adaptivi și cost-optimali, scalabilitatea și funcția de izoeficiență a sistemelor paralele, estimarea și reprezentarea grafică a performanțelor algoritmilor paraleli fundamentali)

Programarea paralelă prin memorie partajată (mecanisme de sincronizare și comunicație prin variabile partajate, biblioteca de thread-uri POSIX (Pthreads), biblioteca OpenMP, implementarea algoritmilor fundamentali folosind bibliotecile Pthreads și OpenMP, măsurarea performanțelor algoritmilor implementați, reprezentarea grafică, comparația cu performanțele estimate)

Metode de predare

Predarea constă în prezentarea aspectelor teoretice folosind videoproiectorul și demonstrații de funcționare a algoritmilor paraleli prin conectare cu un laptop la un cluster din laborator. Se acoperă astfel funcția de comunicare orală și demonstrativă a instruirii.

Materialele de curs sunt: manuale, prezentările de cursuri, programele demonstrative, culegere de algoritmi paraleli propuși pentru a fi proiectați și implementați. Toate materialele sunt disponibile în format electronic, prin situl cursului – Moodle ETTI, anul IV.

Observații

4 ore

8 ore

4 ore

4 ore

Programarea paralelă prin transfer de mesaje (mecanisme de sincronizare și comunicație prin transfer de mesaje, biblioteca MPI, implementarea algoritmilor fundamentali folosind biblioteca MPI, măsurarea performanțelor algoritmilor implementați, reprezentarea grafică, comparația cu performanțele estimate) 4 ore

Algoritmi paraleli (proiectarea și implementarea algoritmilor paraleli complecși folosind bibliotecile de programare paralelă Pthreads, OpenMP, MPI: integrarea numerică a funcțiilor, clusterizare k-means, rezolvarea sistemelor de ecuații lineare, transformata FFT, găsirea numerelor prime mai mici decât un număr dat) 4 ore

Bibliografie:

1. Felicia Ionescu, Elemente de calcul paralel, Editura Matrix Rom, București 2013
2. A. Grama, A. Gupta, G. Karypis, V. Kuma: Introduction to Parallel Computing, Addison Wesley, 2003
3. Jan Foster: Designing and Building Parallel Programs, An Online Publishing Project of Addison-Wesley Inc. and Argonne National Lab
4. Matloff, Norm, Programming on Parallel Machines, University of California, <http://heather.cs.ucdavis.edu/~matloff/158/PLN/ParProcBook.pdf>
5. Felicia Ionescu, Slide-uri prezentare cursuri Calcul Paralel, online, site Moodle ETTI, anul IV, 2013

8.2 Laborator

Metode de predare

Observații

| | | |
|--|--|-------|
| Lucrarea 1: Introducere în programarea paralelă în sistemul de operare Linux (conectarea și autentificarea în clustere, crearea proceselor, semafoare) | Efectuarea lucrărilor de laborator începe cu explicarea de către cadrul didactic a noțiunilor de bază ale fiecărei lucrări și a cerințelor, folosind video-proiectorul și rețeaua de calculatoare din laborator. | 4 ore |
| Lucrarea 2: Programarea paralelă a algoritmilor folosind biblioteca de thread-uri POSIX (Pthreads) (implementarea algoritmilor paraleli fundamentali, testarea funcționării, măsurarea performanțelor) | Studentii implementează algoritmi paraleli folosind bibliotecile instalate, testează funcționarea acestora și măsoară performanțele de execuție. | 4 ore |
| Lucrarea 3: Programarea paralelă a algoritmilor folosind biblioteca OpenMP (implementarea algoritmilor paraleli fundamentali, testarea funcționării, măsurarea performanțelor) | Materialele didactice sunt platformele de laborator cu îndrumările de lucrări și exemple de programe sursă pentru fiecare categorie de algoritmi și fiecare bibliotecă. | 4 ore |
| Lucrarea 4: Programarea paralelă a algoritmilor folosind biblioteca MPI (implementarea algoritmilor paraleli fundamentali, testarea funcționării, măsurarea performanțelor) | | 4 ore |

| | | |
|--|---|--------------|
| <p>Lucrarea 5: Algoritmi paraleli complecși (programarea paralelă a algoritmilor de integrare numerică și de clusterizare k-means folosind bibliotecile Pthreads, OpenMP, MPI; testarea funcționării, măsurarea performanțelor)</p> | <p>Toate materialele sunt disponibile în format electronic pe site-ul cursului (Moodle ETTI, anul IV)</p> | <p>4 ore</p> |
| <p>Lucrarea 6: Algoritmi paraleli complecși (programarea paralelă a algoritmilor de rezolvare a sistemelor de ecuații lineare și transformata FFT, folosind bibliotecile Pthreads, OpenMP, MPI; testarea funcționării, măsurarea performanțelor)</p> | | <p>4 ore</p> |
| <p>Colocviu final de laborator</p> | | <p>4 ore</p> |

Bibliografie:

1. Felicia Ionescu, Elemente de calcul paralel Editura Matrix Rom, București 2013
2. Posix Threads, <http://www.lnl.gov/computing/tutorials/ pthreads/>
3. OpenMP Library, <http://www.openmp.org>
4. MPI Standard, <http://www-unix.mcs.anl.gov/mpi>
5. Felicia Ionescu, Valentin Pupezescu, Indrumar de laborator de Calcul Paralel, online, site Moodle ETTI anul IV, 2013

9. Coroborarea conținuturilor disciplinei cu așteptările reprezentanților comunității epistemice, asociațiilor profesionale și angajatori reprezentativi din domeniul aferent programului

În contextul progresului tehnologic actual, în care calculatoarele paralele sunt o realitate accesibilă unui număr mare de utilizatori, de la arhitecturi modeste, cu câteva procesoare pe sistem, până la supercalculatoare cu sute de mii de procesoare, dezvoltarea algoritmilor paraleli eficienți a devenit o cerință imperios necesară. Există o cerere importantă de ingineri calificați, cu specializări legate de calculul paralel și cu un fundament solid în electronică, sisteme și tehnologia informației, astfel încât să poată menține ritmul de dezvoltare de noi produse hardware și aplicații software.

Programa cursului răspunde concret acestor cerințe actuale de dezvoltare și evoluție, subscrise economiei europene a serviciilor din domeniul Calculatoare și Tehnologia Informației (CTI), prin abordarea combinată a aspectelor teoretice și a soluțiilor practice de realizare a algoritmilor paraleli, folosind cele mai noi tehnologii hardware și software disponibile în momentul actual și de perspectivă în viitor.

Se asigură astfel absolvenților competențe adecvate cu necesitățile calificărilor actuale și o pregătire științifică și tehnică moderne, de calitate și competitive, care să le permită angajarea rapidă după absolvire, fiind perfect încadrat în politica Universității Politehnica din București, atât din punctul de vedere al conținutului și structurii, cât și din punctul de vedere al aptitudinilor și deschiderii internaționale oferite studenților.

10. Evaluare

| Tip activitate | 10.1 Criterii de evaluare | 10.2 Metode de evaluare | 10.3 Pondere în nota finală |
|------------------------------------|--|--|-----------------------------|
| 10.4 Curs | <ul style="list-style-type: none">- cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale privind calculul paralel;- cunoașterea modului de aplicare a teoriei la probleme specifice;- analiza performanțelor estimate și compararea cu cele măsurate în execuția algoritmilor paraleli. | <p>Două teste scrise de verificare, (de ponderi 40%, respectiv 20%), în timpul semestrului, susținute la date fixate la începutul cursului.</p> <p>Subiectele acoperă întreaga materie, realizând o sinteză între aspectele teoretice și implementările practice a algoritmilor paraleli studiați.</p> | 60% |
| 10.5 Laborator | <ul style="list-style-type: none">- cunoașterea modului de proiectare a unui algoritm paralel pentru rezolvarea unei probleme date;- cunoașterea modului de transpunere în cod (folosind biblioteca Pthreads, OpenMP sau MPI) a unui algoritm paralel;- compilarea, execuția și măsurarea performanțelor algoritmului implementat. | <p>Colocviu final de laborator, cuprinzând o componentă teoretică și o componentă practică. Componenta teoretică este verificată prin test grilă, iar componenta practică este evaluată prin verificarea modului de rezolvare (implementare, testare, funcționare) de către student a unei probleme de calcul paralel.</p> | 40% |
| 10.6 Standard minim de performanță | <ul style="list-style-type: none">- proiectarea unui algoritm paralel relativ simplu- implementarea, testarea și măsurarea performanțelor algoritmului folosind una dintre bibliotecile de calcul paralel studiate (Pthreads, OpenMP, MPI) | | |

Data completării

30.11.2013

Semnătura titularului de curs

Prof. Dr. Ing. Felicia Ionescu

Semnătura titularului de aplicații

Ș.I. Dr. Ing. Valentin Pupezescu

Data avizării în catedră

Semnătura sefului de departament

Prof. Dr. Ing. S. Pașca