ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2010)

5ο Συνέδριο Διδακτική της Πληροφορικής

Εκπαιδευτικά περιβάλλοντα για τη διδασκαλία παράλληλης κατανεμημένης επεξεργασίας: μια επισκόπηση

Κ. Τ. Δελησταύρου, Κ. Γ. Μαργαρίτης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Δελησταύρου Κ. Τ., & Μαργαρίτης Κ. Γ. (2023). Εκπαιδευτικά περιβάλλοντα για τη διδασκαλία παράλληλης κατανεμημένης επεξεργασίας: μια επισκόπηση . *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 144–148. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/5125

Εκπαιδευτικά περιβάλλοντα για τη διδασκαλία παράλληλης κατανεμημένης επεξεργασίας: μια επισκόπηση

Κ. Τ. Δελησταύρου, Κ. Γ. Μαργαρίτης

Εργαστήριο Παράλληλης & Κατανεμημένης Επεξεργασίας,
Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
ctdelist@uom.gr, kmarg@uom.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει συνοπτικά την επισκόπηση εκπαιδευτικών περιβαλλόντων εκμάθησης παράλληλης κατανεμημένης επεξεργασίας, που έγινε στο ξεκίνημα νέας ερευνητικής προσπάθειας. Συγκεντρώθηκε ένα σύνολο εργαλείων λογισμικού, σχετικά με τον προγραμματισμό, την ανάλυση απόδοσης, τις οπτικοποιήσεις και την προσομοίωση συνδρομικότητας. Τα λογισμικά αυτά κατατάχθηκαν με βάση τη λειτουργία τους και επιλέχθηκαν εκείνα που ικανοποιούν καθορισμένα κριτήρια για περαιτέρω διερεύνηση των χαρακτηριστικών τους. Τα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν για την πρόταση πλαισίου έρευνας και ανάπτυξης, ενός περιβάλλοντος υποστήριξης της διδασκαλίας και εκμάθησης παράλληλου προγραμματισμού, χρησιμοποιώντας πραγματικά συστήματα-στόχους παραγωγικού προσανατολισμού. Το περιβάλλον βασίζεται σε ανοιχτού κώδικα πλατφόρμα ανάπτυξης, η οποία πρόκειται να εμπλουτιστεί με επιπρόσθετες εφαρμογές και βοηθήματα, εμπνευσμένα από την ανάλυση χαρακτηριστικών των επιλεγμένων εργαλείων λογισμικού της επισκόπησης.
Λέξεις κλειδιά: *παράλληλη επεξεργασία, εκπαιδευτικά περιβάλλοντα*

Abstract

This paper presents a summary of the survey of educational environments for learning parallel distributed processing that took place at the beginning of a new research effort. A set of software tools about programming, performance analysis, visualizations and concurrency simulation were collected. These were categorized according to their function and after proper criteria definition the more useful were selected for further characteristics' investigation, which was used for the proposal of a research and development framework, to support the teaching and learning of parallel programming, using productive orientation's real target systems. This environment is based on an open source development platform that is going to be enriched with add-on applications and wizards, inspired by the characteristics analysis made to the chosen during the survey software tools.
Keywords: *parallel processing, educational environments*

1. Εισαγωγή

Οι τάσεις σχεδίασης υλικού υπολογιστών δείχνουν ότι στο μέλλον οι μονοεπεξεργαστικές αρχιτεκτονικές ίσως να μην μπορούν να υποστηρίξουν τον τρέχοντα ρυθμό αύξησης της υπολογιστικής ισχύος (Grama κ.α. 2003, σ. 2). Από την άλλη πλευρά, οι προγραμματιστές δεν δείχνουν να υιοθετούν κατά το αναμενόμενο τον παράλληλο προγραμματισμό (Asanovic κ.α. 2009, σ. 56). Μία από τις αιτίες καθυστέρησης στη μαζική αποδοχή του είναι η δυσκολία του (Heroux κ.α. 2006, σ. 223) (Lee & Webber 2003, σ. 1). Σύμφωνα με τον Johnson (κ.α. 1994, σ. 2) ο παράλληλος προγραμματισμός αποτελεί το μέλλον της επιστήμης υπολογιστών. Συχνά όμως επιλέγονται χαμηλής απόδοσης πλατφόρμες, όπως η προσομοίωση, για την εκπαίδευση στον παράλληλο προγραμματισμό. Η ερευνητική μας προσπάθεια βασίζεται στην άποψη που υιοθετεί και ο Bernreuther (κ.α. 2005, σ. 1), ότι η πρακτική εξάσκηση του παράλληλου και υψηλής απόδοσης προγραμματισμού πρέπει να γίνεται σε πραγματικές συστοιχίες υψηλής απόδοσης.

Το παρόν άρθρο ξεκινά με αναφορά σε σχετικές εργασίες. Κατόπιν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επισκόπησης εργαλείων λογισμικού παράλληλης επεξεργασίας τα οποία είναι σε θέση να υποστηρίξουν την εκμάθηση και διδασκαλία του παράλληλου προγραμματισμού. Τα εργαλεία αυτά κατηγοριοποιούνται και ορίζονται κριτήρια για την επιλογή δύο ομάδων λογισμικών, όσων ενδιαφέρουν άμεσα και έμμεσα την έρευνά μας. Τέλος καθορίζεται το πλαίσιο έρευνας και ανάπτυξης που εκμεταλλεύεται τα συμπεράσματα της ανάλυσης λειτουργικών χαρακτηριστικών των

επιλεγμένων ομάδων λογισμικών, προτείνοντας την ανάπτυξη νέων λειτουργιών για την επιλεγμένη πλατφόρμα Eclipse PTP ώστε να της δοθεί εκπαιδευτική προοπτική.

Πίνακας 1: *Κατηγοριοποίηση των εργαλείων της επισκόπησης, με τις διευθύνσεις των ιστοτόπων τους*

Κατηγορία / Εργαλείο Λογισμικού	Προγραμματισμός	Γλώσσα	Κειμένου	Γραφική	Πλαίσιο	Προδιαγραφή	Υλοποίηση	Γραφικό περιβ. εργ.	Αποσφαλμάτωση	Πηγαίου κώδικα	Κατά την εκτέλεση	Ρύθμιση απόδοσης	Μέτρηση	Πρόβλεψη	Βελτιστοποίηση	Βιβλιοθήκη	Οπτικοποίηση	Αλγορίθμου	Δεδομ. απόδοσης	Προσομ. συνδρομικ.	Ιστότοπος
Allinea DDT									■	■											http://www.allinea.com/index.php?page=48
Allinea OPT												■	■		■						http://www.allinea.com/index.php?page=74
BACI																				■	http://inside.mines.edu/~tcamp/baci/
BSP	■				■	■															http://www.bsp-worldwide.org/
BSPonMPI	■				■		■														http://bsponmpi.sourceforge.net/
CODE 2.0	■	■		■				■													http://www.cs.utexas.edu/users/code/
ConcurrentMentor	■							■									■	■		■	http://www.cs.mtu.edu/ConcurrentMentor/
CUDA	■				■	■	■														http://www.nvidia.com/object/cuda_home.html
DAJ																	■	■		■	http://stwww.weizmann.ac.il/g-cs/benari/daj/
DETOP									■	■											http://www.lrr.in.tum.de/Par/tools/Projects/Detop.html
Dimemas												■	■	■							http://www.bsc.es/plantillaA.php?cat_id=475
Eclipse PTP	■							■	■	■											http://eclipse.org/ptp
FT-MPI	■				■		■														http://icl.cs.utk.edu/ftmpi/
Haskell	■	■	■																		http://www.haskell.org/
HMPP Workbench	■							■													http://www.caps-entreprise.com/hmpp.html
HPCToolkit												■	■				■		■		http://hpctoolkit.org/
Intel Parallel Studio	■							■	■	■	■	■	■								http://software.intel.com/en-us/intel-parallel-studio-home/
Intel VTune Performance Analyzer												■	■		■		■	■			http://software.intel.com/en-us/intel-vtune/
jBACI	■							■												■	http://stwww.weizmann.ac.il/g-cs/benari/jbaci/
Jumpshot-4												■	■				■		■		http://www.mcs.anl.gov/research/projects/perfvis/software/viewers/index.htm
KOJAK												■	■				■		■		http://www.fz-juelich.de/jsc/kojak/
Lydian																	■	■			http://www.cs.chalmers.se/~lydian/
MARMOT									■		■										http://www.hlrs.de/organization/av/amt/research/marmot/
MATLAB Parallel Computing Toolbox	■				■		■	■													http://www.mathworks.com/products/parallel-computing/
Mozart Programming System	■							■													http://www.mozart-oz.org/
MPI	■				■	■															http://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpi/index.htm
MPI Development Plugin for NetBeans	■							■													https://mpiplatform.dev.java.net/
MPI PERUSE												■				■					http://www.mpi-peruse.org/
MPI Toolbox for Octave (MPITB)	■				■		■	■													http://atc.ugr.es/javier-bin/mpitb
MPICH2	■				■		■														http://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpich2/
mpiJava	■				■		■														http://www.hpjava.org/mpiJava.html
MPJ Express	■				■		■														http://mpj-express.org/index.html
MPWin 2	■							■									■		■	■	http://users.chal.sch.gr/areti/mpwin.html
NESL	■	■	■																		http://www.cs.cmu.edu/~scandal/nesl.html
ompP												■	■								http://www.ompp-tool.com
OPARI												■	■								http://www.fz-juelich.de/zam/kojak/opari
Open MPI	■				■		■														http://icl.cs.utk.edu/open-mpi/
Open|SpeedShop												■	■	■							http://www.openspeedshop.org/
OpenMP	■				■	■	■														http://openmp.org/wp/
OTF												■				■					http://www.tu-dresden.de/zih/otf/
OverView																	■	■			http://wcl.cs.rpi.edu/overview/
PAPI												■				■					http://icl.cs.utk.edu/papi/
Paradyn 2.0												■	■								http://www.paradyn.org/
Paraver												■	■				■		■		http://www.bsc.es/plantillaA.php?cat_id=485
PCL																■					http://www.fz-juelich.de/jsc/PCL/
PDT									■	■		■	■			■					http://www.cs.uoregon.edu/research/pdt/home.php
Performance PROPHET (ASKALON)														■							http://www.dps.uibk.ac.at/projects/prophet/
PerfSuite												■	■								http://perfsuite.ncsa.uiuc.edu/
P-GRADE	■							■													http://www.p-grade.hu/
P-GRADE DIWIDE									■	■											http://www.p-grade.hu/
P-GRADE GRAPNEL	■	■		■				■													http://www.p-grade.hu/
P-GRADE PROVE												■	■				■		■		http://www.p-grade.hu/
POLKA																	■	■			http://www.cc.gatech.edu/gvu/softviz/parviz/polka.html
PVM	■				■	■	■														http://www.csm.ornl.gov/pvm/
Rabbit												■				■					http://www.scl.ameslab.gov/Projects/Rabbit/
SCALASCA												■	■								http://www.scalasca.org
SCALEA (ASKALON)												■	■								http://www.dps.uibk.ac.at/projects/scalea/
SLOG-2																■					http://www.mcs.anl.gov/research/projects/perfvis/software/log_format/index.htm
Sun Studio Performance Analyzer												■	■				■		■		http://developers.sun.com/sunstudio/overview/topics/analyzer_index.html
TAU												■	■				■		■		http://www.cs.uoregon.edu/research/tau/home.php
TotalView									■	■	■										http://www.totalviewtech.com/products/totalview.html
Vampir												■					■		■		http://www.vampir.eu/
VampirTrace												■				■					http://www.tu-dresden.de/zih/vampirtrace
VISTOP																	■	■			http://www.lrr.in.tum.de/Par/tools/Projects/Vistop.html

2. Σχετικές εργασίες

Αναζητήσεις σχετικά με επισκοπήσεις εκπαιδευτικών περιβαλλόντων για τη διδασκαλία παράλληλης και κατανεμημένης επεξεργασίας δεν απέφεραν σημαντικά αποτελέσματα. Βρέθηκαν όμως γενικές επισκοπήσεις για εργαλεία παράλληλης επεξεργασίας, όπως αυτή των Gropp & Lumsdaine (Heroux κ.α. 2006, σ. 223) και η παλαιότερη, εκτενής επισκόπηση του Cheng (1993). Αναφορές σε εκπαιδευτικά εργαλεία παράλληλης επεξεργασίας γίνονται και στο παράρτημα D του βιβλίου του Ben-Ari (2006), όπως και στην ενότητα “Parallel Software Tools” του βιβλίου του Foster (1995).

3. Κατηγορίες εργαλείων

Συγκεντρώνεται ένα πλήθος εργαλείων παράλληλων συστημάτων. Για λόγους καλής οργάνωσης γίνεται κατηγοριοποίηση των λογισμικών της επισκόπησης σύμφωνα με την κύρια λειτουργία τους. Στην πρώτη γραμμή του Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι κατηγορίες και στις επόμενες τα λογισμικά της επισκόπησης, ανά κατηγορία. Ορισμένα εντάσσονται σε περισσότερες από μία κατηγορίες, αφού, όπως είναι λογικό, επιτελούν περισσότερες από μία λειτουργίες.

4. Στοιχεία ταυτότητας και κριτήρια επιλογής

Ορίζονται τα κριτήρια και για κάθε λογισμικό εντοπίζονται τα χαρακτηριστικά του, ώστε να γίνει η επιλογή των χρησιμότερων για περεταίρω διερεύνηση (Πίνακας 2). Στόχος είναι ο διαχωρισμός τους σε δύο ομάδες. Τα πρωτεύοντος ενδιαφέροντος ή εργαλεία βάσης, στα οποία βασίζεται το προτεινόμενο πλαίσιο ανάπτυξης και τα δευτερεύοντος ενδιαφέροντος ή εργαλεία έμπνευσης τα οποία προσδιορίζουν τις λειτουργίες εκπαιδευτικής υποστήριξης που λείπουν και προτείνεται να υλοποιηθούν στο αντιπροσωπευτικότερο εργαλείο βάσης. Τα πλήρη στοιχεία ταυτότητας των λογισμικών της επισκόπησης δεν παρουσιάζονται λόγω του περιορισμένου χώρου δημοσίευσης. Τα λογισμικά που επιλέγονται στην πρώτη και δεύτερη ομάδα ενδιαφέροντος παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Ως βάση του πλαισίου ανάπτυξης της έρευνας επιλέγεται η πλατφόρμα Eclipse PTP, του περιβάλλοντος εμπλουτισμένων μέσων Eclipse, καθώς είναι το μόνο από τα λογισμικά πρωτεύοντος ενδιαφέροντος που είναι προγραμματιστικό περιβάλλον. Το Eclipse είναι δημοφιλές λογισμικό ανοιχτού κώδικα με εκτενή υποστήριξη επιπρόσθετων εφαρμογών, ενεργή κοινότητα χρηστών, αξιόλογη βιβλιογραφία και ευρεία αποδοχή για την ανάπτυξη ποικίλων καινοτόμων περιβαλλόντων.

Πίνακας 2: *Στοιχεία ταυτότητας των εργαλείων και κριτήρια ένταξης στις ομάδες ενδιαφέροντος*

Στοιχείο ταυτότητας	**Κριτήριο**
Έτος τελευταίας ενημέρωσης. Προκύπτει από την τελευταία διαθέσιμη έκδοση, την τελευταία σχετική δημοσίευση ή την τελευταία ενημέρωση του ιστοτόπου του έργου και αποτελεί κριτήριο κινητικότητας.	Επιλέγονται εργαλεία που έχουν ενημερωθεί μετά το 2008. Προτιμώνται ενεργά έργα που είναι πιθανότερο να έχουν υποστήριξη και ενεργούς χρήστες.
Άδεια χρήσης. Προσδιορίζει την ελευθερία χρήσης και την πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα του έργου.	Επιλέγονται Λογισμικά Ανοιχτού Κώδικα (ΛΑΚ) ώστε να υπάρχει δυνατότητα πρόσβασης στον κώδικα και μετατροπών.
Πλατφόρμα. Προαπαιτούμενο περιβάλλον ή πλαίσιο λειτουργίας. Κριτήριο διαχωρισμού υπερβολικά εξειδικευμένων λογισμικών.	Προτιμώνται εργαλεία που συνεργάζονται με δημοφιλή πρότυπα παράλληλου προγραμματισμού, όπως τα MPI και OpenMP.
Γλώσσα προγραμματισμού, στην οποία γράφεται ή την οποία αφορά η χρήση του εργαλείου.	Επιλέγονται εργαλεία σχετικά με τις πιο διαδεδομένες γλώσσες ανάπτυξης παράλληλων εφαρμογών, C και C++.
Σύστημα-στόχος. Το υλικό στο οποίο μπορεί να εκτελεστεί το λογισμικό. Κριτήριο επιλογής πραγματικού ή εικονικού συστήματος ή «κλειστού» περιβάλλοντος.	Επιλέγονται όσα μπορούν να εκτελεστούν σε πραγματικά συστήματα-στόχους, κυρίως συμβατά με Linux και μη-εξειδικευμένο υλικό.
Είδος συστήματος. Αφορά παράλληλα, κατανεμημένα συστήματα ή και τα δύο.	Επιλέγονται εργαλεία παράλληλων συστημάτων, καθώς είναι η συνηθέστερη αρχιτεκτονική που χρησιμοποιείται σε ακαδημαϊκά ιδρύματα για διδασκαλία.
Προσανατολισμός. Καθορίζει αν το εργαλείο αφορά την παραγωγή, την εκπαίδευση ή και τα δύο. Είναι συχνά δύσκολο να προσδιοριστεί με ακρίβεια.	Ως εργαλεία βάσης προτιμώνται όσα έχουν παραγωγικό προσανατολισμό. Ως εργαλεία έμπνευσης όσα έχουν εκπαιδευτικό αλλά δεν αποκλείονται και όσα έχουν παραγωγικό ρόλο.
Γραφική διεπαφή χρήστη. Καθορίζει αν το εργαλείο έχει γραφικό περιβάλλον εργασίας το ίδιο ή η πλατφόρμα στην οποία εκτελείται.	Προτιμώνται τα λογισμικά που διαθέτουν γραφικό περιβάλλον εργασίας γιατί είναι καταλληλότερα για αρχάριους προγραμματιστές.

Πίνακας 3: Τα λογισμικά πρωτεύοντος και δευτερεύοντος ενδιαφέροντος

Εργαλεία βάσης: Eclipse PTP, HPCToolkit, MARMOT, Open|SpeedShop, PerfSuite, SCALASCA, Jumpshot-4, TAU. **Εργαλεία έμπνευσης:** Allinea DDT, Allinea OPT, BACI, CODE 2.0, ConcurrentMentor, DAJ, Dimemas, HMPP Workbench, Intel Parallel Studio, Intel VTune Performance Analyzer, jBACI, Jumpshot-4, KOJAK, Lydian, Mozart Programming System, MPI Development Plugin for NetBeans, MPWin 2, ompP, OverView, PAPI, Paradyn 2.0, Paraver, PDT, Performance PROPHET (ASKALON), P-GRADE, P-GRADE DIWIDE, P-GRADE GRAPNEL, P-GRADE PROVE, Sun Studio Performance Analyzer, TotalView, Vampir.

5. Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Ακολούθησε ανάλυση των ιδιοτήτων των επιλεγμένων λογισμικών. Στόχος είναι ο εντοπισμός των λειτουργιών των εκπαιδευτικών λογισμικών, οι οποίες δεν παρέχονται από τα λογισμικά παραγωγής και ειδικότερα από την επιλεγμένη πλατφόρμα ανάπτυξης. Τα αναλυτικά αποτελέσματα της διερεύνησης των λειτουργικών χαρακτηριστικών δεν παρουσιάζονται στο παρόν λόγω περιορισμένου χώρου.

6. Πλαίσιο έρευνας και ανάπτυξης

Από τη διερεύνηση λειτουργικών χαρακτηριστικών αποκρυσταλλώνεται ένα σύνολο υποψήφιων προς υλοποίηση λειτουργιών που συνθέτουν το προτεινόμενο πλαίσιο έρευνας και ανάπτυξης. Σκοπός του είναι η υποστήριξη της εκμάθησης παράλληλου προγραμματισμού σε περιβάλλον ανάπτυξης πραγματικών εφαρμογών, για πραγματικά συστήματα στόχους. Κατά τη διερεύνηση δεν προέκυψαν επιπρόσθετες εφαρμογές εκπαιδευτικού χαρακτήρα για την υποστήριξη εκμάθησης παράλληλου προγραμματισμού στο Eclipse PTP. Η επιλεκτική λοιπόν υλοποίηση των ακολούθων χαρακτηριστικών θα συμβάλει στην εκπαιδευτική προοπτική του Eclipse PTP.

1. Δυνατότητα αποθήκευσης ιστορικού ενεργειών κατά τη μεταγλώττιση και εκτέλεση.
2. Δυνατότητα δημιουργίας αναφορών από τη μεταγλώττιση και την εκτέλεση με βάση το αποθηκευμένο ιστορικό χωρίς να απαιτείται επανεκτέλεση του κώδικα.
3. Εξελληνισμός της διεπαφής χρήστη και προσαρμογή της στις γνώσεις του σπουδαστή.
4. Ανίχνευση και επεξήγησή καθυστερήσεων, αδιεξόδων και άλλων πιθανών δυσλειτουργιών.
5. Υλοποίηση βοηθών (wizard) για την καθοδήγηση βήμα προς βήμα των προγραμματιστών.
6. Δημιουργία διαλογικών ασκήσεων και διαδραστικής παρουσίασης της θεωρίας.
7. Αναπαράσταση και αποσαφήνιση της εκτέλεσης κώδικα με χρήση πολλαπλών μέσων.
8. Υλοποίηση συστήματος αναλυτικής βοήθειας (help).
9. Υλοποίηση βιβλιοθήκης έτοιμων δειγμάτων παράλληλου κώδικα.
10. Δυνατότητα ανάπτυξης παράλληλου κώδικα μέσω οπτικού προγραμματισμού.
11. Υλοποίηση συστήματος προσομοίωσης.
12. Υλοποίηση δυνατότητας διαχείρισης πειραμάτων.

7. Συζήτηση - συμπεράσματα

Το χαρακτηριστικό με αριθμό 4, υλοποιήθηκε τον καιρό που ολοκληρώνονταν η συγγραφή του παρόντος, στην έκδοση 3.0.0 του Eclipse PTP, που κυκλοφόρησε στις 4 Δεκεμβρίου 2009 (http://www.eclipse.org/ptp/) (Watson κ.α. 2009, σ. 5), ένδειξη ότι η προκαταρκτική έρευνα που προηγήθηκε ήταν συνεπής και κινήθηκε στην κατεύθυνση εντοπισμού κενών στη λειτουργία της συγκεκριμένης πλατφόρμας ώστε αυτή να λειτουργήσει ως εκπαιδευτικό εργαλείο. Επόμενο βήμα της ερευνητικής μας προσπάθειας αποτελεί η εγκατάσταση του περιβάλλοντος πειραματισμού και ανάπτυξης λογισμικού για το Eclipse PTP, το οποίο θα βασίζεται σε συστοιχία υπολογιστών. Θα ακολουθήσει η υλοποίηση διδακτικού περιβάλλοντος παράλληλου προγραμματισμού, καθώς και η διερεύνηση και τεκμηρίωση της αναγκαιότητας ενσωμάτωσης των χαρακτηριστικών του προτεινόμενου πλαισίου στο Eclipse PTP.

Βιβλιογραφία

Asanovic, K., Bodik, R., Demmel, J. & Keaveny, T. (2009). A view of the parallel computing landscape. *Communications of the ACM*, *52*(10), 56-67.

Ben-Ari, M. (2006). *Principles of Concurrent and Distributed Programming, Second Edition*. Addison-Wesley.

Bernreuther, M., Brenk, M., Bungartz, H. J., Mundani, R. P. & Muntean, I. L. (2005). Teaching High-Performance Computing on a High-Performance Cluster. *Lecture Notes in Computer Science*, *3515*, 1-9. Springer.

Cheng, D. Y. (1993). *A survey of parallel programming languages and tools*. *NASA Ames Research Center*. Moffett Field: Citeseer.

Foster, I. (1995). *Designing and building parallel programs*. *Interface*. Addison-Wesley.

Grama, A., Gupta, A., Karypis, G. & Kumar, V. (2003). *Introduction to Parallel Computing, Second Edition*. Addison Wesley.

Heroux, M. A., Raghavan, P., & Simon, H. D. (2006). *Parallel processing for scientific computing*. Cambridge University Press.

Johnson, D., Kotz, D. & Makedon, F. (1994). Teaching parallel computing to freshmen. In *Conference on Parallel Computing for Undergraduates. Colgate University* (pp. 1-7). Citeseer.

Lee, P. & Webber, J. (2003). Taxonomy for Visual Parallel Programming Language. Tyne: Citeseer.

Watson, G. R., Rasmussen, C. E. & Tibbitts, B. R. (2009). An integrated approach to improving the parallel application development process. In *2009 IEEE International Symposium on Parallel & Distributed Processing* (pp. 1-8) Rome.