



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
www.cslab.ece.ntua.gr

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

9ο εξάμηνο ΗΜΜΥ, ακαδημαϊκό έτος 2008-09

ΑΣΚΗΣΗ 2

Προθεσμίες παράδοσης:

Επίδειξη προγραμμάτων: έως 3 Φεβρουαρίου 2009

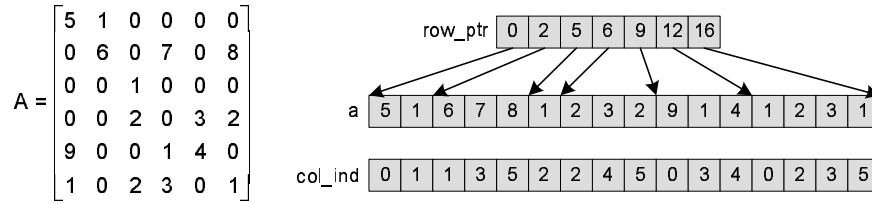
Παράδοση αναφοράς: έως Ημερομηνία τελικής εξέτασης του μαθήματος

1 Γενικά

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης άσκησης θα υλοποιηθούν παράλληλες εκδόσεις του πολλαπλασιασμού αραιού πίνακα επί διάνυσμα. Ένας πίνακας λέγεται αραιός όταν περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό από μηδενικά στοιχεία. Σε αυτή την περίπτωση, προκειμένου να αποφευχθεί η αποθήκευση και η διεξαγωγή πράξεων με μηδενικά στοιχεία, οι πίνακες αποθηκεύονται με τη βοήθεια ειδικών δομών που περιλαμβάνουν μόνο τα μη μηδενικά στοιχεία. Η πιο διαδεδομένη από αυτές τις δομές είναι η Compressed Sparse Row (CSR), η οποία διατηρεί μόνο τα μη μηδενικά στοιχεία (πλήθους nnz) σε ένα γραμμικό πίνακα a , ένα δείκτη για κάθε στοιχείο του a που σηματοδοτεί αρχή γραμμής (αριθμός γραμμών n) στο γραμμικό πίνακα row_ptr , και ένα γραμμικό πίνακα col_ind που συσχετίζει κάθε μη μηδενικό στοιχείο με τη στήλη στην οποία ανήκει (βλ. Σχήμα 1). Ο κώδικας του πολλαπλασιασμού όταν ο πίνακας είναι αποθηκευμένος σε CSR δίνεται στη συνέχεια:

```
for (i=0; i<n; i++)  
    for (j=row_ptr[i]; j<row_ptr[i+1]; j++)  
        y[i] += a[j]*x[col_ind[j]];
```

Ο πολλαπλασιασμός αραιού πίνακα με διάνυσμα χρησιμοποιείται συνήθως επαναληπτικά προκειμένου να προσεγγιστεί η λύση ενός συστήματος. Απλοποιώντας, εστιάζουμε στον εξής υπολογισμό:



Σχήμα 1: Αποθήκευση αραιού πίνακα με τη μέθοδο CSR.

```

for (k=1; k<K; k++){
  for (i=0; i<n; i++) x_out[i] = 0.0;
  for (i=0; i<n; i++)
    for (j=row_ptr[i]; j<row_ptr[i+1]; j++)
      x_out[i] += a[j]*x_in[col_ind[j]];
  swap(x_in, x_out);
}

```

2 Ζητούμενα

1. Αναπτύξτε σειριακό πρόγραμμα που να υλοποιεί τον παραπάνω υπολογισμό.
2. Αναπτύξτε παράλληλο πρόγραμμα στο μοντέλο ανταλλαγής μηνυμάτων (message-passing) με τη βοήθεια της βιβλιοθήκης MPI που να υλοποιεί τον παραπάνω υπολογισμό σε ένα παράλληλο σύστημα κατανεμημένης μνήμης. Θεωρήστε δύο πιθανές υλοποιήσεις: στην πρώτη το διάνυσμα x μεταφέρεται ολόκληρο σε κάθε κόμβο. Στη δεύτερη λαμβάνεται υπόψη η μορφή του αραιού πίνακα, κατασκευάζεται ένα pattern επικοινωνίας και ανταλλάσσονται μόνο τα στοιχεία του x που είναι αναγκαία για τους υπολογισμούς. Χρησιμοποιείστε σαν πλατφόρμα εκτέλεσης τη συστοιχία των *twins* (12 διπλοεπεξεργαστικοί κόμβοι).
3. Αναπτύξτε παράλληλο πρόγραμμα στο μοντέλο κοινής μνήμης (shared memory) με τη βοήθεια της βιβλιοθήκης OpenMP που να υλοποιεί τον παραπάνω υπολογισμό σε ένα παράλληλο σύστημα κοινής μνήμης. Χρησιμοποιείστε σαν πλατφόρμα εκτέλεσης έναν εκ των κόμβων της συστοιχίας των *twins*.
4. Ομοίως με προηγούμενως χρησιμοποιώντας τη βιβλιοθήκη των Pthreads.
5. Πραγματοποιείστε μετρήσεις επίδοσης με βάση συγκεκριμένο σενάριο που θα σας δοθεί στο εργαστήριο.
6. Συγκεντρώστε τις παρατηρήσεις και τα αποτελέσματά σας σε συνοπτική αναφορά.

Διευκρίνηση: Οι τιμές των δεδομένων θα λαμβάνονται από αρχεία εισόδου με τη μορφή:

n m nnz # αριθμός γραμμών/στηλών πίνακα, αριθμός μη μηδενικών στοιχείων

1 1 0.512 # συντεταγμένες στοιχείου, τιμή στοιχείου

1 3 0.825

...

Θεωρήστε ότι τα στοιχεία στα αρχεία είναι λεξικογραφικά ταξινομημένα, και το πρώτο στοιχείο του πίνακα είναι στη θέση (1,1). Αρχικά χρησιμοποιείστε τιμές από αρχεία που θα δημιουργήσετε εσείς με τυχαίες αρχικές τιμές.