

HY342 - Παράλληλος Προγραμματισμός

Ασκήσεις 3,4

Άσκηση 3: υλοποιήστε και παραλληλοποιήστε τον παρακάτω αλγόριθμο με χρήση TBB.

Άσκηση 4: υλοποιήστε και παραλληλοποιήστε τον παρακάτω αλγόριθμο με χρήση Java Threads.

Σε αυτή την άσκηση θα υλοποιήσετε τον αλγόριθμο Barnes-Hut για την βαρυτική προσομοίωση N σωμάτων σε χώρο 2 διαστάσεων. Είσοδος του προγράμματος θα είναι ένα αρχείο κειμένου που στην πρώτη γραμμή περιέχει τον αριθμό N των σωμάτων, στη 2η γραμμή το μέγεθος R του σύμπαντος (οι συντεταγμένες θα είναι από $-R$ ως $+R$), και N γραμμές με 5 αριθμούς και ένα όνομα ανά γραμμή: X, Y, V_x, V_y, M, S , όπου X και Y είναι οι συντεταγμένες του σώματος στο επίπεδο, V_x και V_y είναι οι συνιστώσες της ταχύτητας στους άξονες x και y , M είναι η μάζα, και S είναι το όνομα του σώματος.

Ο αλγόριθμος υπολογίζει το δένδρο Barnes-Hut, αναδρομικά, διαιρώντας το χώρο σε 4 κομμάτια και κάθε κομμάτι σε 4, κλπ, μέχρι κάθε κομμάτι χώρου να περιέχει 0 ή 1 σώματα. Στη συνέχεια κατασκευάζει ένα τετραδικό δένδρο με φύλλα είτε άδεια είτε που περιέχουν 1 σώμα, και εσωτερικούς κόμβους που συμβολίζουν το κέντρο μάζας του χώρου που αντιστοιχούν. Για να υπολογίσετε το κέντρο μάζας δύο σωμάτων, χρησιμοποιήστε τους τύπους:

$$m = m_1 + m_2$$

$$x = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2}{m}$$

$$y = \frac{y_1 m_1 + y_2 m_2}{m}$$

Μετά την κατασκευή του δένδρου, η συνολική δύναμη F που ασκείται σε κάθε σώμα b υπολογίζεται ως η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούν σε αυτό τα υπόλοιπα σώματα, ως εξής: Ξεκινώντας από τη ρίζα του δένδρου, αν η απόσταση του κέντρου βάρους του εσωτερικού κόμβου n από το σώμα b είναι μεγαλύτερη από το μήκος πλευράς της μικρότερης περιοχής που περιέχει το σώμα b , και ο εσωτερικός κόμβος n δεν περιέχει το σώμα b , τότε υπολογίζουμε τη δύναμη που ασκείται στο b από όλα τα σώματα στην περιοχή του εσωτερικού κόμβου n συνολικά, χρησιμοποιώντας το κέντρο μάζας στο n . Αν η απόσταση είναι μικρότερη από το μήκος πλευράς της περιοχής του b ή ο εσωτερικός κόμβος του δένδρου περιέχει το b , τότε υπολογίζουμε αναδρομικά τις δυνάμεις που ασκούν τα παιδιά του εσωτερικού κόμβου στο b και τη συνισταμένη τους συνολική δύναμη στο b .

Για τον υπολογισμό της βαρύτητας χρησιμοποιήστε τον τύπο του Newton:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$

Για τον υπολογισμό της δύναμης σε κάθε άξονα:

$$F_x = F \frac{x_2 - x_1}{r}$$

$$F_y = F \frac{y_2 - y_1}{r}$$

Για τον υπολογισμό της επιτάχυνσης σε κάθε άξονα:

$$a_x = F_x / m$$

$$a_y = F_y / m$$

Η προσομοίωση επαναλαμβάνεται για κάθε κβάντο χρόνου $\Delta t = 1$ seconds (για ευκολία στους υπολογισμούς), στο οποίο υποθέτουμε ότι η επιτάχυνση είναι σταθερή. Η νέα ταχύτητα κάθε σώματος προκύπτει:

$$V_x = V_x + \Delta t a_x$$

$$V_y = V_y + \Delta t a_y$$

και η νέα θέση προκύπτει από την ταχύτητα:

$$x = x + \Delta t V_x$$

$$y = y + \Delta t V_y$$

Μετά τον υπολογισμό της νέας θέσης κάθε σώματος, ο υπολογισμός επαναλαμβάνεται από την αρχή, με κατασκευή νέου Barnes-Hut δένδρου. Ο αριθμός των επαναλήψεων της προσομοίωσης πρέπει να δίνεται από τη γραμμή εντολών (argv). Το πρόγραμμα στο τέλος πρέπει να αποθηκεύει ένα αρχείο εξόδου output.txt που θα έχει την ίδια δομή με το αρχείο εισόδου, και θα περιέχει τις νέες θέσεις, ταχύτητες, κλπ, των σωμάτων.

Για περισσότερες λεπτομέρειες δείτε https://en.wikipedia.org/wiki/Barnes%E2%80%9393Hut_simulation.

Για ευκολία, μάλλον θα χρειαστεί να υλοποιήσετε τουλάχιστον τις συναρτήσεις/μεθόδους:

- length: το μήκος πλευράς μιας περιοχής του BHTree.
- insert: η εισαγωγή ενός σώματος σε ένα υπάρχον BHTree.
- netForce(b): η συνολική δύναμη που ασκείται στο σώμα b από ένα BHTree.
- newPosition(b): η νέα θέση και ταχύτητα του σώματος.

Παραδώστε μια αναφορά που να περιγράφει περιληπτικά το σκεπτικό της υλοποίησής σας και του παραλληλισμού που περιέχει και τα παρακάτω:

1. Ποιό είναι το average speedup για παραλληλισμό 1, 2 και 4 σε κάθε υλοποίηση;
2. Υπολογίστε τη διακύμανση του χρόνου εκτέλεσης για κάθε πειραματικό configuration (παραλληλισμός $\times$ input-size), και τη διακύμανση των χρόνων εκτέλεσης για το σειριακό πρόγραμμα σε κάθε υλοποίηση.
3. Συγκρίνετε τις 2 υλοποιήσεις, σε σχέση με το σχεδιασμό τους, την ευκολία υλοποίησης για το κάθε προγραμματιστικό μοντέλο, την κλιμακωσιμότητα που πέτυχε κάθε υλοποίηση, και την ταχύτητα εκτέλεσης.