

# Άσκηση 1

## Παράλληλα & Κατανεμημένα Συστήματα Υπολογιστών

### 23 Οκτωβρίου 2016

Τα οκταδικά δέντρα χρησιμοποιούνται για την ιεραρχική ομαδοποίηση  $N$  σωματιδίων στον τρισδιάστατο χώρο. Κάθε τμήμα του χώρου που δεν είναι άδειο, υποδιαιρείται σε οκτώ υποτμήματα και κάθε σωματίδιο κατατάσσεται στο υποτμήμα του οποίου τα γεωμετρικά όρια το περικλείουν. Η υποδιαίρεση του χώρου σταματά όταν ο πληθυσμός των σωματιδίων που ανήκουν σε ένα υποτμήμα μειωθεί κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο  $S$  ή ο αριθμός των επιπέδων ξεπεράσει κάποιο πάνω όριο  $L$ .

Μια δημοφιλής τεχνική που χρησιμοποιείται για την κατασκευή οκταδικού δέντρου είναι η *Morton* ή *Z* κωδικοποίηση των σωματιδίων<sup>1</sup>. Τα βήματα που ακολουθούνται για την κατασκευή του οκταδικού δέντρου είναι τα παρακάτω:

1. Υπολογισμός ενός κωδικού κατάτμησης (*hash code*) για κάθε συντεταγμένη των σωματιδίων, βάσει της σχέσης:

$$h(v) = \left\lfloor 2^L \frac{v - v_{\min}}{r_{\max}} \right\rfloor, v = \{x, y, z\}$$

όπου  $L$  το μέγιστο ύψος του δέντρου,  $v_{\min}$  το ελάχιστο κάθε διάστασης  $(x, y, z)$  και  $r_{\max}$  το μέγιστο εύρος της μακρύτερης διάστασης,  $r_{\max} = \max\{x_{\max} - x_{\min}, y_{\max} - y_{\min}, z_{\max} - z_{\min}\}$ .

2. Αλληλένθεση των ψηφίων (*bit interleaving*) των τριών κωδικών κατάτμησης του κάθε σωματιδίου, ώστε να παραχθεί ένας κωδικός *Morton* για κάθε σωματίδιο.
3. Μερική διάταξη των κωδικών κάνοντας χρήση του αναδρομικού αλγορίθμου *most significant digit radix sort* για 3 ψηφία την φορά. Εάν ο πληθυσμός των σωματιδίων που έχουν κοινό πρόθεμα είναι μικρότερος από  $S$  ή το επίπεδο στο οποίο φτάσαμε είναι  $L$ , τότε η διαδικασία τερματίζει.
4. Ανακατάταξη των σωματιδίων στη μνήμη, ώστε σωματίδια που ανήκουν στο ίδιο υποτμήμα του χώρου να καταλαμβάνουν συνεχόμενες θέσεις στη μνήμη.

**Υλοποιήστε:** Παράλληλες εκδόσεις του παραπάνω αλγορίθμου σε *Cilk*<sup>2</sup>, *OpenMP*<sup>3</sup> και *Pthreads*<sup>4</sup> στηριζόμενοι στο σειριακό κωδικά που σας δίνεται. Διαβάστε τα εγχειρίδια.

#### Παραδώστε:

- Αναφορά 3–4 σελίδων που να περιγράφει τη μέθοδο παραλληλισμού που χρησιμοποιήσατε.
- Σχόλια/διαγράμματα για την ταχύτητα των υπολογισμών συγκριτικά με το σειριακό κώδικα που σας δίνεται, για το σύνολο της διαδικασίας κατασκευής του δέντρου. Πειραματιστείτε με τον αριθμό σωματιδίων  $N = 2^{[20:25]}$ , και τον αριθμό των νημάτων  $threads = 2^{[1:11]}$ , για μέγιστο βάθος  $L = 18$ , και όριο πληθυσμού  $S = 128$ , για δύο κατανομές (ομοιόμορφη σε κύβο  $[0, 1)^3$  και ομοιόμορφη σε  $\frac{1}{8}$  επιφάνεια σφαίρας ακτίνας  $r = 1$ , κέντρου  $c = \{0, 0, 0\}$ ).
- Τον κώδικα του προγράμματος.

**Ημερομηνία παράδοσης:** Κυριακή 20 Νοεμβρίου 2016.

<sup>1</sup><http://www.forceflow.be/2013/10/07/morton-encodingdecoding-through-bit-interleaving-implementations/>

<sup>2</sup><https://software.intel.com/en-us/intel-cilk-plus>

<sup>3</sup><https://computing.llnl.gov/tutorials/openMP>

<sup>4</sup><https://computing.llnl.gov/tutorials/pthreads>