

## HY486: Αρχές Κατανεμημένου Υπολογισμού

### Διδάσκουσα: Παναγιώτα Φατούρου

## 2<sup>ο</sup> Σετ Θεωρητικών Ασκήσεων

*Προθεσμία: 16 Μαΐου 2016*

### Άσκηση 1 [55%]

- α. Παρουσιάστε αλγόριθμο, στον οποίο ένας προκαθορισμένος κόμβος,  $p_r$ , υπολογίζει τον αριθμό των ακμών ενός γράφου που αναπαριστά ένα κατανεμημένο σύστημα μεταβίβασης μηνύματος στο οποίο οι διεργασίες έχουν μοναδικά αναγνωριστικά. Θεωρήστε ότι το σύστημα είναι ασύγχρονο και ο γράφος είναι μη-κατευθυνόμενος. Κάθε κόμβος του συστήματος γνωρίζει το αναγνωριστικό του  $p_r$ . Επίσης, είναι γνωστό ένα σκελετικό δένδρο του συστήματος με ρίζα τον  $p_r$ . Το δένδρο υλοποιείται με κατανεμημένο τρόπο, δηλαδή κάθε κόμβος γνωρίζει ποιος κόμβος είναι γονέας του και ποιοι κόμβοι είναι παιδιά του στο δένδρο. Ο αλγόριθμος που θα σχεδιάσετε θα πρέπει να χρησιμοποιεί το σκελετικό δένδρο για να πραγματοποιεί τον υπολογισμό. [25%]
- (i) Παρουσιάστε ψευδοκώδικα (event-driven) και σύντομη περιγραφή του τρόπου λειτουργίας του αλγορίθμου σας. [15%]
- (iii) Ποια είναι η πολυπλοκότητα επικοινωνίας του αλγορίθμου σας και γιατί; [5%]
- (iv) Ποια είναι η χρονική πολυπλοκότητα του αλγορίθμου σας και γιατί; [5%]
- β. Παρουσιάστε αλγόριθμο, ο οποίος θα βρίσκει τη διάμετρο ενός μη-κατευθυνόμενου γράφου που αναπαριστά ένα κατανεμημένο σύστημα στο οποίο οι διεργασίες έχουν μοναδικά αναγνωριστικά. Υποθέστε πως ο υπολογισμός ξεκινάει από έναν προκαθορισμένο κόμβο  $p_r$ . Κάθε κόμβος του συστήματος γνωρίζει το αναγνωριστικό του  $p_r$  αλλά δεν έχει οποιαδήποτε άλλη γνώση για τον γράφο. Επιλύστε το πρόβλημα πρώτα στο σύγχρονο και στη συνέχεια στο ασύγχρονο μοντέλο. Απαντήστε τα ακόλουθα ερωτήματα για κάθε μια από τις εκδόσεις (σύγχρονη, ασύγχρονη) που θα σχεδιάσετε. [30%]
- (i) Παρουσιάστε ψευδοκώδικα (event-driven) και αναλυτική περιγραφή του τρόπου λειτουργίας του αλγορίθμου σας. [18%]
- (iii) Ποια είναι η πολυπλοκότητα επικοινωνίας του αλγορίθμου σας και γιατί; [6%]
- (iv) Ποια είναι η χρονική πολυπλοκότητα του αλγορίθμου σας και γιατί; [6%]

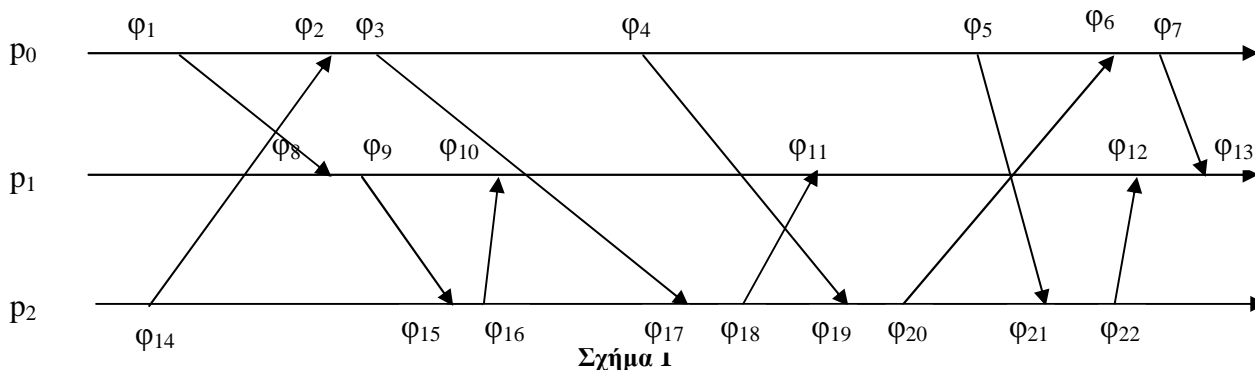
### Άσκηση 2 [20%]

- α. Θεωρείστε έναν **ανώνυμο** δακτύλιο με  $n$  διεργασίες στον οποίο κάθε διεργασία έχει ως είσοδο μια δυαδική τιμή (το 0 ή το 1). Σχεδιάστε ασύγχρονο αλγόριθμο που να υπολογίζει την πράξη OR επί των αρχικών τιμών των διεργασιών. Ο αλγόριθμος θα πρέπει να έχει πολυπλοκότητα επικοινωνίας  $O(n^2)$ , όπου  $n$  είναι το πλήθος των κόμβων στο δακτύλιο. Παρουσιάστε ψευδοκώδικα (event-driven) για τον αλγόριθμό σας και σύντομη περιγραφή του τρόπου λειτουργίας του. Ποια είναι η χρονική πολυπλοκότητα και η πολυπλοκότητα επικοινωνίας του αλγορίθμου σας; **Προσοχή, στην άσκηση αυτή οι διεργασίες δεν έχουν μοναδικά αναγνωριστικά και δεν γνωρίζουν το  $n$ .** [10%]
- β. Περιγράψτε ασύγχρονο αλγόριθμο υπολογισμού του OR (δηλαδή επιλύστε το ίδιο πρόβλημα με εκείνο του προηγούμενου ερωτήματος) σε δακτύλιο όπου οι κόμβοι έχουν μοναδικά αναγνωριστικά. Ο αλγόριθμός σας θα πρέπει να έχει πολυπλοκότητα επικοινωνίας  $O(n \log n)$ , όπου  $n$  είναι το πλήθος των κόμβων στο σύστημα. Οι διεργασίες δεν γνωρίζουν το  $n$  και δεν έχουν καμία άλλη γνώση για το δακτύλιο ή τις υπόλοιπες

διεργασίες. Παρουσιάστε ψευδοκώδικα (event-driven) για τον αλγόριθμό σας και σύντομη περιγραφή του τρόπου λειτουργίας του. Ποια είναι η χρονική πολυπλοκότητα και η πολυπλοκότητα επικοινωνίας του αλγορίθμου σας; [10%]

### Άσκηση 3 [25%]

- α. Σας δίνεται η εκτέλεση που φαίνεται στο Σχήμα 1 ενός ασύγχρονου συστήματος στο οποίο οι επεξεργαστές επικοινωνούν με ανταλλαγή μηνυμάτων.
- Περιγράψτε ποια γεγονότα του επεξεργαστή  $p_0$  σχετίζονται με ποια γεγονότα του επεξεργαστή  $p_2$  μέσω της σχέσης happen-before. [5%]
  - Χρησιμοποιήστε τον απλό αλγόριθμο απόδοσης λογικών χρονοσφραγίδων (logical timestamps) που συζητήθηκε στο μάθημα για να αποδώσετε λογικές χρονοσφραγίδες στα γεγονότα της εκτέλεσης του Σχήματος 1. [5%]
  - Χρησιμοποιήστε τον αλγόριθμο απόδοσης διανυσματικών χρονοσφραγίδων (vector timestamps) που μελετήθηκε στο μάθημα για να αποδώσετε διανυσματικές χρονοσφραγίδες στα γεγονότα της εκτέλεσης του Σχήματος 1. [5%]



- β. Θεωρήστε ένα ασύγχρονο καταναμημένο σύστημα μεταβίβασης μηνύματος το οποίο παρακολουθεί ασθενείς που πάσχουν από μια μολυσματική ασθένεια  $A$  στη χώρα μας. Κάθε διεργασία του συστήματος αντιστοιχεί σε ένα νομό. Κάθε διεργασία διαβάζει δεδομένα από τις βάσεις δεδομένων των νοσοκομείων του νομού που της αντιστοιχεί και διατηρεί ένα μετρητή που αποθηκεύει πόσοι ασθενείς στο νομό πάσχουν από την ασθένεια  $A$ . Το σύστημα θα πρέπει περιοδικά να υπολογίζει το πλήθος των ασθενών που πάσχουν από την ασθένεια  $A$  σε ολόκληρη τη χώρα και αν αυτό ξεπεράσει κάποια προκαθορισμένη τιμή  $T$ , θα πρέπει να στέλνει ένα μήνυμα alert στο Υπουργείο Υγείας. Το μήνυμα alert σηματοδοτεί το γεγονός πως οι ασθενείς που πάσχουν από την ασθένεια  $A$  είναι τόσο πολλοί που η ασθένεια έχει πάρει διαστάσεις επιδημίας και θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για να αντιμετωπιστεί.

Περιγράψτε αλγόριθμο που θα επιλύει το πρόβλημα του περιοδικού υπολογισμού της συνολικής τιμής των ασθενών που πάσχουν από την  $A$  και της αποστολής του alert. Συγκεκριμένα, ο αλγόριθμός σας θα πρέπει να υπολογίζει το συνολικό πλήθος των ασθενών που πάσχουν από την  $A$ , να το συγκρίνει με το  $T$  και αν είναι μεγαλύτερο του  $T$  να στέλνει ένα μήνυμα τύπου alert σε μια προκαθορισμένη διεργασία  $p$  η οποία δεν συμμετέχει στον υπολογισμό της συνολικής τιμής των ασθενών στη χώρα. Θεωρήστε πως κάθε διεργασία γνωρίζει το αναγνωριστικό μιας προκαθορισμένης διεργασίας  $p_r$  στο σύστημα (επιπρόσθετης της  $p$ ). Επίσης, είναι γνωστό ένα σκελετικό δένδρο του συστήματος με ρίζα τον  $p_r$ . Το δένδρο υλοποιείται με καταναμημένο τρόπο, δηλαδή κάθε κόμβος γνωρίζει ποιος κόμβος είναι ο γονέας του και ποιοι κόμβοι είναι οι θυγατρικοί του κόμβοι στο δένδρο. [10%]

Παρουσιάστε ψευδοκώδικα για τον αλγόριθμό σας. Επιχειρηματολογήστε για την ορθότητα του αλγορίθμου σας. Ποια είναι η πολυπλοκότητα επικοινωνίας και η χρονική πολυπλοκότητα του αλγορίθμου σας και γιατί;