

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών
3η Εργασία - Τμήμα: Περιττών Αριθμών Μητρώου
Κ22: Λειτουργικά Συστήματα – Χειμερινό Εξάμηνο '18
Ημερομηνία Ανακοίνωσης: Παρασκευή, 23/11
Ημερομηνία Υποβολής: Τρίτη, 18/12 και Ώρα 23:59

Εισαγωγή στην Εργασία:

Ο στόχος της εργασίας είναι να δημιουργήσετε ανεξάρτητα προγράμματα τα οποία μπορούν να τρέχουν ταυτόχρονα και να προσομοιώνουν την λειτουργία ενός εμπορικού λιμανιού. Καλείστε να υλοποιήσετε τουλάχιστον 3 τύπους διεργασιών που η κάθε μία έχει διαφορετικό ρόλο. Οι τρεις τύποι διεργασιών είναι: 1) σκάφη διαφορετικών τύπων/διαστάσεων (vessels) που επιθυμούν να προσδέσουν και να μείνουν για κάποιο πεπερασμένο χρονικό διάστημα στο λιμάνι, 2) διευθυντής λιμένα (port-master) και 3) επιτηρητής λειτουργία λιμένα (monitor). Οι παραπάνω τύποι διεργασιών είναι ανεξάρτητα προγράμματα τα οποία μπορούν να τρέχουν ταυτόχρονα και να υλοποιούν συνεργατικά το τι συμβαίνει στο χώρο ενός λιμένος.

Κάθε σκάφος που επιθυμεί ελλιμενισμό παραμένει εκτός χώρου λιμένος (Σχήμα 1) και θα πρέπει πρώτα να 'συνεννοηθεί' με τον διευθυντή λιμένα (port-master) ώστε να πάρει εντολή προσέγγισης μαζί με συγκεκριμένη θέση ελλιμενισμού. Όταν ένα σκάφος εισέρχεται, εξέρχεται, ή κάνει μανούβρα στο χώρο του λιμανιού θα πρέπει να είναι πάντα το μόνο πλοίο που βρίσκεται σε κίνηση μέσα στο περιορισμένο αυτό χώρο. Αφότου ο διευθυντής σιγουρέψει ότι δεν υπάρχει κίνηση στο χώρο του λιμένα, δίνει το οκ στο πλοίο να προχωρήσει. Το σκάφος εισέρχεται, ελλιμενίζεται, και μένει στην συγκεκριμένη θέση που του έχει δοθεί για όσο χρονικό διάστημα χρειάζεται για να ολοκληρώσει την εργασία/παραμονή του.

Ο ρόλος του port-master είναι να επιβλέπει την ασφαλή λειτουργία της υποδομής και να καταγράφει σε ένα δημόσιο κατάλογο (public ledger) όλη την δραστηριότητά του λιμανιού. Ανάλογα με την ώρα παραμονής και το τύπο του σκάφους, για κάθε πλοίο αναγράφεται στο public ledger το κόστος ελλιμενισμού. Επίσης στο public ledger αναγράφεται το όνομά το πλοίου, η ώρα άφιξης, ο χώρος στάθμευσης, ο τύπος του πλοίου, και στάτους του πλοίου (δηλ. παρόν στο λιμάνι ή έχει αναχωρήσει).

Όταν ένα πλοίο αποφασίσει να αναχωρήσει, ακολουθεί την αναμενόμενη ακολουθία γεγονότων: έρχεται σε συνεννόηση και περιμένει να πάρει το οκ από τον port-master. Όταν ο τελευταίος εκδώσει εντολή αναχώρησής (αφού ξεκαθαρίσει ότι δεν υπάρχει άλλη εξερχόμενη/εισερχόμενη κίνηση), αναγράφει στο public ledger την ώρα της εν λόγω αναχώρησης.

Ο monitor είναι ένα ανεξάρτητο πρόγραμμα που σε τακτά χρονικά διαστήματα παρέχει την κατάσταση στο λιμάνι (δηλ. ποια σκάφη είναι παρόντα). Επίσης με μια περιοδικότητα που ορίζεται από τον χρήστη παρέχει στατιστικά ενδιαφέροντος όπως π.χ. συνολικά έσοδα του λιμανιού μέχρι στιγμής, το μέσο όρο αναμονής και εισοδήματος ανά κατηγορία και συνολικά για όλα τα σκάφη.

Για δική σας διευκόλυνση, μπορείτε να δημιουργήσετε ένα πρόγραμμα (myport) που αρχικοποιεί τα δεδομένα που απαιτούνται, δημιουργεί τις απαραίτητες διεργασίες με την βοήθεια κλήσεων fork() και exec*(). Το πρόγραμμα myport μπορεί επίσης να δημιουργεί τους semaphores, το shared segment, και οτιδήποτε άλλο χρειάζεται. Στο shared segment θα πρέπει να είναι αποθηκευμένα τα στοιχεία του public ledger (η τμήμα του). Εναλλακτικά για τις προτεινόμενες διεργασίες myport, port-master, vessel, monitor μπορείτε να χρησιμοποιείτε πολλαπλά ttys για να ξεκινήσετε χειρωνακτικά οποιαδήποτε διεργασία (ή στιγμιότυπο) επιθυμείτε να έχετε στην λύση σας.

Σε αυτή την άσκηση θα πρέπει να:

1. χρησιμοποιήσετε ένα σετ από σηματοφόρους ώστε να έχετε μια επιτυχή συνεργασία μεταξύ των ανεξάρ-



Σχήμα 1: Διάγραμμα για την λειτουργία του λιμένος.

τητων διεργασιών, *shared memory segment* για την σωστή εξυπηρέτηση των σκαφών, όπως επίσης και να δημιουργήσετε σχετικές δομές όπου χρειάζονται,

2. έχετε όλες τις διεργασίες για να προσαρτήσουν το παραπάνω *shared memory segment* ώστε να μπορούν να προσπελάσουν περιεχόμενα ενδιαφέροντός τους,
3. χρησιμοποιήστε *POSIX Semaphores* για να υλοποιήσετε τη λύση σας που θα εμπεριέχει σχετικές κλήσεις $P()$ και $V()$,
4. παρέχετε τη δυνατότητα τα προγράμματά σας να παραμείνουν 'απασχολημένα' δηλ. να κάνουν `sleep()` για περιόδους χρόνου που καθορίζονται με παραμετρικό τρόπο.

Θα πρέπει να επιδείξετε την ορθότητά της λύσης σας όσον αφορά στην ταυτόχρονη εκτέλεση των διεργασιών που λαμβάνουν μέρος στην λύση που δίνετε.

Διαδικαστικά:

Το πρόγραμμά σας θα πρέπει να γραφτεί σε C (ή C++ αν θέλετε αλλά χωρίς την χρήση STL/Templates) και

να τρέχει στις μηχανές Linux workstations του τμήματος.

- Υπεύθυνοι για την άσκηση αυτή (ερωτήσεις, αξιολόγηση, βαθμολόγηση κλπ.) είναι η κ. Ελένη Μαντζάνα cs2180007+AT-di, ο κ. Valentin Ivanov cs2180001+AT-di, και ο κ. Δημήτρης Σαρτζετάκης sartzet+AT-di.
- Παρακολουθείτε την ιστοσελίδα του μαθήματος <http://www.di.uoa.gr/~ad/k22/> για επιπρόσθετες ανακοινώσεις αλλά και την ηλεκτρονική-λίστα (η-λίστα) του μαθήματος στο URL <https://piazza.com/uoa.gr/fall2018/k22/home>
- Το πρόγραμμα σας (source code) πρέπει να αποτελείται από **τουλάχιστον τρία** (και κατά προτίμηση πιο πολλά) διαφορετικά αρχεία. Το πρόγραμμά σας θα πρέπει **απαραιτήτως να κάνει χρήση separate compilation**.

Διατύπωση του Προβλήματος:

Το Σχήμα 1 παρέχει μια προτεινόμενη οργάνωση διεργασιών που δουλεύουν *ταυτόχρονα* για να επιτύχουν την συνεργατική λειτουργία του λιμένος. Μπορούμε να υποθέσουμε ότι εξυπηρετούμε 3 είδη πλοίων: μεγάλα (L), μεσαία (M) και μικρά (S).

Κάθε σκάφος με την βοήθεια του port-master θα πρέπει να ελλιμενιστεί. Ο port-master τοποθετεί τα πλοία σε first come first serve & available πολιτική. Με αυτή την πολιτική ένα σκάφος κατηγορίας S μπορεί να πάρει την θέση ενός M ή ακόμα και L *αν το επιθυμεί* κάνοντας upgrade, αλλά το αντίθετο δεν μπορεί να γίνει (δηλ. L δεν χωράει σε θέση M ή S). Η χρέωση γίνεται με την θέση την οποία τελικά ένα σκάφος καταλαμβάνει.

Ο port-master καθορίζει την θέση που παίρνει ένας ενδιαφερόμενος. Ενώ δεν υπάρχει άλλο σκάφος να κινείται εντός του λιμένος, το πλοίο καταλαμβάνει την θέση του και αρχίζει τις εργασίες του (με επιβάτες, φορτία και οχήματα να αποβιβάζονται και επιβιβάζονται). Όταν ένα πλοίο ολοκληρώσει το διάστημα παραμονής στην θέση στάθμευσης που έχει πάρει, ενημερώνει τον port-master ότι θα ήθελε να αναχωρήσει. Ο τελευταίος δίνει την εν λόγω εντολή αποχώρησης εφόσον δεν υπάρχει καμία κίνηση εντός λιμένα και όλες οι σχετικές για το πλοίο πληροφορίες/επιβαρύνσεις περνούν στο ledger.

Η τιμολόγησή των πλοίων γίνεται με διαφορετικό τρόπο για κάθε κάθε κατηγορία. Για παράδειγμα, το:

- L κοστίζει 100,00€τα 30 λεπτά
- M κοστίζει 12,00€τα 30 λεπτά
- S κοστίζει 1,50€τα 30 λεπτά

Συμπεριφορά Διεργασιών

Η διεργασία *vessel* θα πρέπει να εκτελεί τις παρακάτω λειτουργίες:

1. Αναμονή στην ουρά (στα ανοιχτά του λιμανιού) για εξυπηρέτηση από το port-master.
2. Ενημέρωση από port-master για ασφαλή πλεύση στο λιμάνι.
3. Πλεύση στην θέση που έχει οριστεί.
4. Παραμονή στο χώρο στάθμευσης
5. Ενημέρωση για την χρέωση ελλιμενισμού μέχρι στιγμής (κόστος) στην διάρκεια παραμονής.
6. Αίτηση για πλεύση εκτός λιμένα και αναμονή για την εξυπηρέτηση από το port-master.
7. Ενημέρωση από port-master για ασφαλή πλεύση εκτός λιμένα.
8. Αναχώρηση και πλεύση στην ανοιχτή θάλασσα.

Η διεργασία *port-master* εκτελεί τις παρακάτω λειτουργίες:

1. Δέχεται αιτήσεις για ελλιμενισμό και αν το λιμάνι δεν έχει κίνηση δίνει εντολή για στάθμευσή σε συγκεκριμένη διαθέσιμη θέση χρησιμοποιώντας την πολιτική τοποθέτησης και τις αιτήσεις που λαμβάνει.

2. Δέχεται αιτήσεις για απόπλου και αν το λιμάνι δεν έχει κίνηση δίνει εντολή για αναχώρηση.
3. Και στις δυο παραπάνω περιπτώσεις ενημερώνει το public ledger για την κατάσταση στο λιμάνι, χρονικά δεδομένα, θέση διαθέσιμη/απασχολημένη, και κόστος.

Η διεργασία monitor

1. Σε τακτά χρονικά διαστήματα παρέχει την κατάσταση που επικρατεί στο λιμάνι.
2. Ενώτε δίνει στατιστικά για την μέση αναμονή, αναμονή ανά τύπο πλοίου και το μέσο και συνολικό εισόδημα που έχει δημιουργηθεί μέχρι στιγμής για το λιμάνι.

Η διεργασία myport αναλαμβάνει το διάβασμα από ένα configuration file που περιέχει βασικές παραμέτρους για τη δημιουργία του λιμένα όπως:

1. τύποι χώρων στάθμευσης
2. χωρητικότητα ανά τύπο χώρο στάθμευσής
3. κόστος ανά 30 λεπτά για κάθε τύπο χώρου στάθμευσης

Στη συνέχεια αναλαμβάνει τη δημιουργία κοινής μνήμης (shared memory) όπου και παραμένει το public ledger με όλες τις χρήσιμες πληροφορίες στις οποίες έχουν πρόσβαση όλες οι διεργασίες. Επίσης το myport αναλαμβάνει και τη δημιουργία των διεργασιών. Η κοινή μνήμη θα πρέπει να έχει πληροφορίες για τη παρούσα κατάσταση και το παρελθόν στο λιμάνι. Επίσης, είναι ο χώρος μνήμης από τον οποίο μπορούν να εξαχθούν το συνολικό εισόδημα του λιμένα, τα συγκεκριμένα κόστη για όλα τα πλοία και τα στατιστικά.

Σχεδιασμός των Προγραμμάτων σας:

Έχετε ελευθερία να επιλέξετε οποιαδήποτε δομή επιθυμείτε για τα προγράμματα σας. Θα πρέπει να υιοθετήσετε ένα (περιορισμένο) αριθμό από σηματοφόρους, βοηθητικές δομές και 3-4 ειδών προγράμματα. Όπως έχουμε αναφέρει, ίσως θα ήταν καλή ιδέα να αναπτύξετε ένα πρόγραμμα (το myport) που δημιουργεί το shared segment, αρχικοποιεί δομές και καταστάσεις, και τέλος γνωστοποιεί το ID του κοινού τμήματος σε άλλα ενδιαφερόμενα εκτελέσιμα από την γραμμή εντολής τους. Το εν λόγω πρόγραμμα θα μπορούσε να αρχικοποιήσει και τους σηματοφόρους που είναι απαραίτητοι για την λύση που επιθυμούμε.

Τα προγράμματά σας θα πρέπει να δημιουργούν εξόδους που με εύκολα κατανοητό τρόπο να μπορούν να δείξουν την ορθότητα αλλά και το ταυτόχρονο της εκτέλεσής τους με άλλες διεργασίες.

Όταν τα προγράμματα σας τερματίζουν, επιβάλλεται να γίνει καθαρισμός και διαγραφή του shared segment και των σηματοφόρων που χρησιμοποιήθηκαν. Η απελευθέρωση (purging) τέτοιων πόρων είναι επιταχτική. Σε διαφορετική περίπτωση υπάρχει κίνδυνος ο πυρήνας να μην μπορεί να εξυπηρετήσει μέλλουσες ανάγκες.

Γραμμή Κλήσης των Προγραμμάτων:

Το πρόγραμμα vessel μπορεί να κληθεί ως εξής:

```
./vessel -t type -u postype -p parkperiod -m mantime -s shmid
όπου
```

- vessel είναι το εκτελέσιμο του σκάφους,
- η σημαία -t type παρέχει τον τύπο του σκάφους: S, M και L.
- η σημαία -u παρέχει την επιθυμία του σκάφους να πάρει πιθανόν ένα μεγαλύτερο χώρο στάθμευσης (όπως αναφέρεται απο το postype) από εκείνο που θα του αντιστοιχούσε (και ο οποίος μπορεί να μην είναι διαθέσιμος).
- η σημαία -p parkperiod παρέχει την μέγιστη δυνατή χρονική διάρκεια για την οποία το σκάφος θα παραμείνει ελλιμενισμένο και πριν δώσει πρόθεση για αναχώρηση. Αυτή η αναμονή μπορεί να υλοποιηθεί

κάνοντας `sleep()`. Μέσα σε αυτό το διάστημα 'δραστηριότητας'/`sleep()` στο λιμάνι και σε μια τυχαία στιγμή που επιλέγει η υλοποίησής σας, το σκάφος ελέγχει το κόστος που έχει ήδη δημιουργηθεί προσπελώνοντας πληροφορίες που έχουν ήδη γραφτεί στο public ledger.

- η σημαία `-m mantime` παρέχει την χρονική διάρκεια που έχει το σκάφος στην διάθεσή του να κάνει την μανούβρα ελλιμενισμού/αναχώρησης μόλις έχει πάρει το ok από τον `port-master`.
- η σημαία `-s shmid` δίνει το κλειδί που έχει το κοινό τμήμα μνήμης (και όπου βρίσκονται δομές, σηματοφόροι, και οποιαδήποτε άλλη βοηθητική δομή/μεταβλητή που απαιτείται).

Το πρόγραμμα `port-master` μπορεί να κληθεί εξής:

```
./port-master -c charges -s shmid
```

όπου

- `port-master` είναι το εκτελέσιμο του διευθυντή λιμένος,
- η σημαία `-c` παρέχει το αρχείο `charges` στο οποίο παρέχονται οι διάφορες τιμές για τους διάφορους τύπους πλοίων.
- η σημαία `-s shmid` δίνει το κλειδί που έχει το κοινό τμήμα μνήμης (και όπου βρίσκονται σηματοφόροι και οποιαδήποτε άλλη βοηθητική δομή/μεταβλητή που απαιτείται).

Το πρόγραμμα επιτηρητής μπορεί να καλεστεί ως εξής:

```
./monitor -d time -t stattimes -s shmid
```

όπου

- `monitor` είναι το εκτελέσιμο,
- η σημαία `-d time` παρέχει την χρονική διάρκεια στο τέλος της οποίας ο `monitor` δίνει την κατάσταση του λιμένος σε αυτή την χρονική στιγμή.
- η σημαία `-t stattimes` παρέχει την χρονική διάρκεια στο τέλος της οποίας ο `monitor` υπολογίζει και παρέχει στατιστικά για την χρήση της υποδομής και του εισοδήματος που έχει δημιουργηθεί μέχρι στιγμής.
- η σημαία `-s shmid` δίνει το κλειδί που έχει το κοινό τμήμα μνήμης (και όπου βρίσκονται σηματοφόροι, και οποιαδήποτε άλλη βοηθητική δομή/μεταβλητή που απαιτείται).

Το πρόγραμμα `myport` τότε μπορεί να κληθεί ως εξής:

```
./myport -l configfile
```

όπου

- `myport` είναι το εκτελέσιμο,
- η σημαία `-l` ορίζει το αρχείο `configfile` με πληροφορίες για οτιδήποτε έχει να κάνει με τον προσδιορισμό του λιμένα και την πολιτική κόστους που ακολουθείται καθώς και για τα εκτελέσιμα που θα χρησιμοποιηθούν

Η σειρά με την οποία εμφανίζονται οι σημαίες δεν είναι προκαθορισμένη. Προφανώς μπορείτε να χρησιμοποιήσετε πιο πολλές σημαίες στα παραπάνω προγράμματα ώστε να διευκολυνθείτε ή και να σχεδιάσετε τα προγράμματά σας ριζικά διαφορετικά.

Τέλος καλό θα ήταν –και για λόγους επιβεβαίωσης και φυσικά μόνο για το σκοπό της άσκησης– να υπάρχει ένα μηχανισμός logging με την μορφή ενός append-only αρχείου. Εδώ, αποτυπώνεται όλη η δραστηριότητά μέχρι στιγμής ώστε να έχετε ένα εύκολο τρόπο να βλέπετε τι γίνεται όσον αφορά στην ταυτόχρονη εκτέλεση των παραπάνω προγραμμάτων.

Τι πρέπει να Παραδοθεί:

1. Μια σύντομη και περιεκτική εξήγηση για τις επιλογές που έχετε κάνει στο σχεδιασμό του προγράμματος σας (2-3 σελίδες σε ASCII κειμένου είναι αρκετές).

2. Οποσδήποτε ένα **Makefile** (που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να γίνει αυτόματα το compile του προγράμματος σας). Πιο πολλές λεπτομέρειες για το (**Makefile**) και πως αυτό δημιουργείται δίνονται στην ιστοσελίδα του μαθήματος.
3. Ένα **tar-file** με όλη σας την δουλειά σε έναν κατάλογο που πιθανώς να φέρει το όνομα σας και θα περιέχει όλη σας την δουλειά δηλ. **source files**, **header files**, **output files** (αν υπάρχουν) και οτιδήποτε άλλο χρειάζεται.

Άλλες Σημαντικές Παρατηρήσεις:

1. Οι εργασίες είναι ατομικές.
2. Το πρόγραμμα σας θα πρέπει να τρέχει στα Linux συστήματα του τμήματος αλλιώς δεν μπορεί να βαθμολογηθεί.
3. Αν και αναμένεται να συζητήσετε με φίλους και συνεργάτες το πως θα επιχειρήσετε να δώσετε λύση στο πρόβλημα, αντιγραφή κώδικα (οποιαδήποτε μορφής) είναι κάτι που δεν επιτρέπεται και δεν πρέπει να γίνει. Οποιοσδήποτε βρεθεί αναμειγμένος σε αντιγραφή κώδικά απλά παίρνει μηδέν στο μάθημα. Αυτό ισχύει για όσους εμπλέκονται ανεξάρτητα από το ποιος έδωσε/πήρε κλπ.
4. Το παραπάνω ισχύει αν διαπιστωθεί έστω και μερική άγνοια του κώδικα που έχετε υποβάλει ή άπλα υπάρχει υποψία ότι ο κώδικας είναι προϊόν συναλλαγής με τρίτο/-α άτομο/α.
5. Προγράμματα που δεν χρησιμοποιούν `separate compilation` χάνουν αυτόματα 5% του βαθμού.
6. Σε καμιά περίπτωση τα Windows δεν είναι επιλέξιμη πλατφόρμα για την παρουσίαση αυτής της άσκησης.