K24: Προγραμματισμός Συστήματος
2η Εργασία – Εαρινό Εξάμηνο 2017
Προθεσμία Υποβολής: Κυριακή 30 Απριλίου 2017 Ώρα 23:59

Εισαγωγή στην Εργασία:

Ο στόχος της εργασίας αυτής είναι να εξοικειωθείτε με την δημιουργία διεργασιών (processes) με χρήση των κλήσεων συστήματος fork/exec, την επικοινωνία διεργασιών μέσω named-pipes/pipes, τη χρήση low level I/O, το χειρισμό signals, και τη δημιουργία bash scripts.

Καλείστε να υλοποιήσετε ένα πρόγραμμα που υλοποιεί τη λειτουργία ενός συστήματος διαχείρισης εργασιών, job management system (jms), στο οποίο θα υποβάλλονται εργασίες χρήστη. Την εκτέλεση των εργασιών αυτών αναλαμβάνει μια ιεραρχία διεργασιών που δημιουργούνται δυναμικά με την βοήθεια των κλήσεων συστήματος fork() και exec(). Το jms θα μπορεί να διαχειρίζεται και να εκτελεί ταυτόχρονα ένα οποιαδήποτε αριθμό από υποβληθείσες εργασίες.

Η υλοποίηση σας θα πρέπει να αποτελείται από δύο *βασικά* προγράμματα, το `jms_coord` και το `jms_console`. Το πρώτο πρόγραμμα που είναι και ο συντονιστής εκτελείται στην αρχή και παραμένει συνεχώς σε λειτουργία, ενώ το δεύτερο εκτελείται από τον χρήστη για υποβολή εργασιών, τον έλεγχό τους, κλπ. Η επικοινωνία μεταξύ αυτών των δύο βασικών διεργασιών επιτυγχάνεται με τη χρήση named-pipes.

Τέλος θα πρέπει να δημιουργήσετε ένα bash script για την εξαγωγή στατιστικών στοιχείων για τις εργασίες που εκτελέστηκαν/εκτελούνται.

Συνοπτική Περιγραφή:

Το Σχήμα 1 παρουσιάζει την οργάνωση και την αλληλεπίδρασή εμπλεκομένων διεργασιών στην υλοποίηση του `jms` όπως επίσης και τη συλλογή αποτελεσμάτων με την χρήση του script.

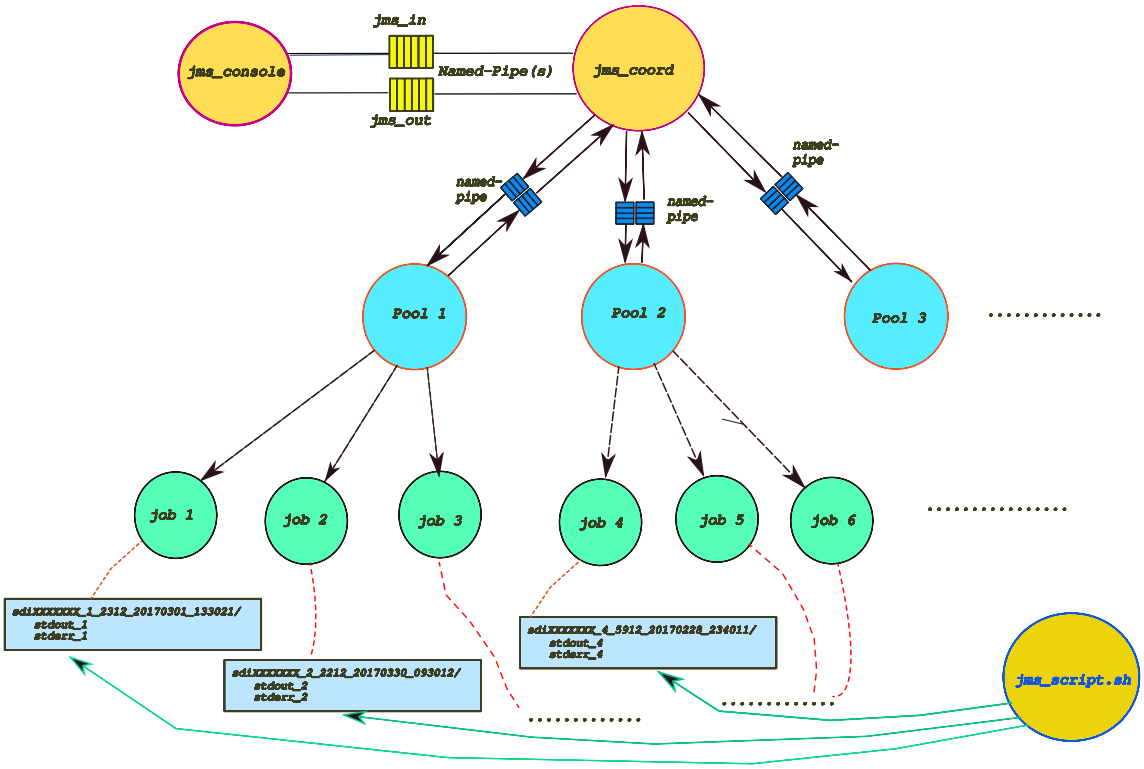
Ο συντονιστής `jms_coord` διαχειρίζεται τις εργασίες χρήστη μέσω μια ιεραρχίας που δημιουργεί και επίσης παρακολουθεί την εξέλιξη αυτών των διεργασιών (δηλ. αν είναι ακόμη ενεργές ή αν έχουν τερματίσει). Η `jms_coord` δεν «διεκπεραιώνει κατευθείαν» τις jobs που έχει καταθέσει ο χρήστης. Αντιθέτως, δυναμικά δημιουργεί κόμβους «δεξαμενές» (pools) που η κάθε μία μπορεί να διαχειρίζεται ένα συγκεκριμένο μέγιστο αριθμό από jobs χρηστών. Οι δεξαμενές δημιουργούνται δυναμικά και έτσι μπορούν να εξυπηρετήσουν συνολικά οποιοδήποτε αριθμό από jobs που έχουν κατατεθεί στον συντονιστή. Όταν μία δεξαμενή ολοκληρώσει τον μέγιστο αριθμό jobs που έχει αναλάβει απλά «παραδίδει» οποιαδήποτε στοιχεία έχει συλλέξει στη διεργασία `jms_coord` και στην συνέχεια ολοκληρώνει την εκτέλεσή της αποχωρώντας από την ιεραρχία.

Η επικοινωνία του `jms_console` με το `jms_coord` πραγματοποιείται μέσω ζεύγους named-pipes τα ονόματα των οποίων μπορεί να είναι `jms_in, jms_out`. Η επικοινωνία μεταξύ pools και του `jms_coord` πραγματοποιείται επίσης με named pipes με ονόματα που θα σχετίζονται με την άσκηση. Και οι δύο αυτές επικοινωνίες χρειάζονται κάποια (απλά) πρωτόκολλα ανταλλαγής πληροφορίας που θα πρέπει να τα σχεδιάσετε ώστε να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες της εργασίας σας.

Το πρόγραμμα `jms_console` είναι η διεπαφή του χρήστη με την υπηρεσία υποβολής εργασιών (δηλ. με τον `jms_coord`). Το `jms_console` αναλαμβάνει:

- την επικοινωνία με το `jms_coord` μέσω των named-pipes.
- την υποβολή των εργασιών.
- την υποβολή ερωτήσεων σχετικά με την κατάσταση (status) της υπηρεσίας (δηλ. πόσες εργασίες εκτελούνται).

– την παρουσίαση των πληροφοριών που παράγει ο jms_coord για την/τον χρήστη.



Σχήμα 1: Οργανωτική διάταξη και αλληλεπίδραση διεργασιών για την υλοποίηση του jms

Κλήση της jms_console:

Το πρόγραμμα εκτελείται από τη γραμμή εντολών ως εξής:

```
$ ./jms_console -w <jms_in> -r <jms_out> -o <operations_file>
```

όπου:

1. `jms_in` είναι το όνομα του named-pipe για εισαγωγή (εγγραφή) δεδομένων στον jms_coord.
2. `jms_out` είναι το όνομα του named pipe για έξοδο (ανάγνωση) δεδομένων προερχόμενα από τον jms_coord.
3. `operations_file` είναι το όνομα του αρχείου που περιέχει εντολές που πρέπει να σταλούν και να διεκπεραιωθούν από τη διεργασία jms_coord και την κάτω από αυτή ιεραρχία διεργασιών.

Σε περίπτωση που ολοκληρωθεί η εκτέλεση των εντολών που βρίσκονται στο operations_file ή το συγκεκριμένο όρισμα δεν υπάρχει στη γραμμή εντολών, το πρόγραμμα `jms_console` διαβάζει εντολές από τη γραμμή εντολών (standard input).

Κλήση του jms_coord:

Το πρόγραμμα εκτελείται από τη γραμμή εντολών ως εξής:

```
$ ./jms_coord -l <path> -n <jobs_pool>
```

όπου

1. `path` είναι το όνομα του καταλόγου κάτω από τον οποίο θα δημιουργούνται όσα αρχεία ή κατάλογοι παράγονται στην διάρκεια εκτέλεσης των προγραμμάτων σας.
2. `jobs_pool` είναι ο μέγιστος αριθμός εργασιών που μπορεί να εκτελείται σε κάθε pool.

Περιγραφή του jms_script.sh:

Το πρόγραμμα εκτελείται από τη γραμμή εντολών ως εξής:

`$ ./jms_script.sh -l <path> -c <command>`

όπου

1. `path` είναι το όνομα του καταλόγου κάτω από τον οποίο έχουν δημιουργηθεί όσα αρχεία ή κατάλογοι απαιτούνται (βλέπε παραπάνω).
2. `command` είναι μία εντολή από τις εξής:
   - `list`: παρουσιάζει μία λίστα από τους καταλόγους που δημιούργησαν οι εργασίες
   - `size [n]`: παρουσιάζει τη λίστα από τους καταλόγους που δημιούργησαν οι εργασίες ταξινομημένη κατά αύξουσα σειρά μεγέθους των αρχείων που περιέχουν. Προαιρετικά μπορεί να παίρνει όρισμα ένα ακέραιο αριθμό n, που να ορίζει την εμφάνιση μόνο των n μεγαλύτερων τιμών.
   - `purge`: διαγράφει όλους τους υφιστάμενους καταλόγους που δημιούργησαν οι εργασίες.

Η σειρά με την οποία μπορούν να καλούνται οι σημαίες και οι αντίστοιχοι παράμετροι σε όλες τις παραπάνω διεπαφές, δεν είναι προκαθορισμένη.

Διεπαφή με τον/την Χρήστη

Όταν τρέξει το `./jms_coord`, δέχεται εντολές από το named-pipe `jms_in` και επιστρέφει αποτελέσματα στο named pipe `jms_out` ως εξής:

1. `submit <job>`
   Η εντολή αυτή δέχεται την εργασία job προς εκτέλεση. Η διεργασία `jms_coord` βρίσκει το επόμενο διαθέσιμο pool (και το δημιουργεί αν δεν υπάρχει ήδη) και στέλνει την job για εκτέλεση. Η διεργασία `jms_coord` επιστρέφει τον λογικό αριθμό της εργασίας και το pid που έλαβε. Για παράδειγμα: `JobID: 3, PID: 2324`.
2. `status <JobID>`
   Η εντολή αυτή αναζητάει την κατάσταση της εργασίας με λογικό αριθμό `JobID`. Επιστρέφεται η κατάσταση της εργασίας. Παραδείγματα για τρεις πιθανές διαφορετικές εξόδους:
   `JobID 3 Status: Active (running for 3 seconds)`
   `JobID 3 Status: Finished`
   `JobID 3 Status: Suspended`
3. `status-all [time-duration]`
   Η εντολή αυτή αναζητάει την κατάσταση όλων των εργασιών. Η εντολή μπορεί να έχει προαιρετικό όρισμα `time-duration` που να ορίζει μέχρι πόσα δευτερόλεπτα πριν θα πρέπει να έχουν υποβληθεί οι εργασίες. Επιστρέφονται οι καταστάσεις των εργασιών. Παράδειγμα:
   1. `JobID 2 Status: Finished`
   2. `JobID 3 Status: Active (running for 3 sec)`
   3. `JobID 4 Status: Suspended`
4. `show-active`
   Η εντολή αυτή αναζητάει τις εργασίες που είναι ενεργές. Επιστρέφονται οι λογικοί αριθμοί των εργασιών και η ένδειξη `Active`. Παράδειγμα:
   `Active jobs:`
   1. `JobID 3`
   2. `JobID 11`

5. `show-pools`
   Η εντολή αυτή αναζητάει τις διεργασίες-δεξαμενές με τα Linux pids τους όπως επίσης και των αριθμό των jobs που η κάθε μία έχει 'υπό εκτέλεση' αυτή την στιγμή. Επιστρέφονται οι αριθμοί των εργασιών που υπάρχουν σε κάθε δεξαμενή. Παράδειγμα:
   `Pool & NumOfJobs:`
   `1. 2345 3`
   `2. 2356 11`
   `3. 3456 2`
6. `show-finished`
   Η εντολή αυτή αναζητάει τις εργασίες που έχουν ολοκληρωθεί. Επιστρέφονται οι αριθμοί των εργασιών και ένδειξη `Finished`. Παράδειγμα:
   `Finished jobs:`
   `1. JobID 4`
   `2. JobID 6`
7. `suspend <JobID>`
   Η εντολή αυτή αναστέλλει την εκτέλεση της εργασίας (λογικό) `<JobID>`. Επιστρέφεται η ανακοίνωση ότι εστάλη σήμα στη συγκεκριμένη εργασία. Παράδειγμα:
   `Sent suspend signal to JobID 3`
8. `resume <JobID>`
   Η εντολή αυτή επαναφέρει την εκτέλεση της εργασίας `<JobID>`. Επιστρέφεται ένα μήνυμά ότι εστάλη σήμα στη συγκεκριμένη εργασία. Παράδειγμα:
   `Sent resume signal to JobID 3`
9. `shutdown`
   Η εντολή αυτή τερματίζει την εκτέλεση της υπηρεσίας με την εξής σειρά: Η διεργασία `jms_coord` στέλνει σήματα `SIGTERM` στα pools, τα οποία το αναχαιτίζουν με κατάλληλο signal handler, στέλνουν μήνυμα τερματισμού (`SIGTERM`) στις εργασίες που επιτηρούν, αναφέρουν ό,τι απαιτείται στη διεργασία `jms_coord` και τερματίζουν. Η διεργασία `jms_coord` μετά των τερματισμό όλων των pools τερματίζει με τη σειρά της επιστρέφοντας συνοπτικά στατιστικά στοιχεία. Παράδειγμα:
   `Served 19 jobs, 3 were still in progress`

Κάθε job θα δημιουργεί ένα κατάλογο (directory), στον οποίο θα αποθηκεύει τα αποτελέσματα της εκτέλεσης του. Το όνομα του καταλόγου θα είναι `sdixxxxxxx_jobid_pid_date_time`, όπου:

- `sdixxxxxxx` το account name σας
- `jobid` το λογικό αναγνωριστικό της εργασίας που εκτελείται
- `pid` το Linux pid της εργασίας που εκτελείται
- `date` η ημερομηνία σε μορφή 20170331 για 31 Μαρτίου 2017.
- `time` η ώρα σε μορφή 175000 για 17:50:00.

Ένα παράδειγμα τέτοιου καταλόγου είναι το: `jms_sdi0100001_3_20170331_142123`. Ο κατάλογός θα δημιουργείται με την έναρξη εκτέλεσης της εργασίας και θα περιέχει τουλάχιστον τα εξής αρχεία:

1. `stdout_jobid`, όπου θα περιέχεται η έξοδος της εργασίας στο standard output.
2. `stderr_jobid`, όπου θα περιέχεται η έξοδος της εργασίας στο standard error.

Διαδικαστικά:

- Το πρόγραμμά σας θα πρέπει να γραφτεί σε *C* (ή *C++* αλλά χωρίς την χρήση έτοιμων δομών της standard

βιβλιοθήκης/STL) και να τρέχει στα Linux workstations του τμήματος.

- Το πρόγραμμα σας (source code) πρέπει να αποτελείται από **τουλάχιστον** δυο (και κατά προτίμηση πιο πολλά) διαφορετικά αρχεία. Η χρήση του separate compilation είναι *επιτακτική!*
- Η οργάνωση και η αναγνωσιμότητα (μαζί με την ύπαρξη σχολίων) του κώδικα περιλαμβάνονται στα κριτήρια βαθμολόγησης.
- Για επιπρόσθετες ανακοινώσεις, παρακολουθείτε το forum του μαθήματος στο piazza.com. Η πλήρης διεύθυνση είναι `https://piazza.com/uoa.gr/spring2017/k24/home`. Η παρακολούθηση του φόρουμ στο Piazza είναι *υποχρεωτική*.

Τι πρέπει να Παραδοθεί:

1. Μια σύντομη και περιεκτική εξήγηση για τις επιλογές που έχετε κάνει στο σχεδιασμό του προγράμματος σας (1-2 σελίδες ASCII κειμένου είναι αρκετές) σε αρχείο README.
2. Οποιαδήποτε πηγή πληροφορίας, συμπεριλαμβανομένου και κώδικα που μπορεί να *βρήκατε στο Διαδίκτυο ή αλλού* θα πρέπει να αναφερθεί και στον πηγαίο κώδικά σας αλλά και στο παραπάνω README.
3. Όλη η δουλειά σας σε ένα tar-file (`OnomaEponymoProject2.tar`) που να περιέχει όλα τα source files, header files, Makefile.

Άλλες Σημαντικές Παρατηρήσεις:

1. Οι εργασίες είναι **ατομικές**.
2. Όποιος υποβάλλει / δείχνει κώδικα που δεν έχει γραφτεί από την ίδια/τον ίδιο **μηδενίζεται** στο μάθημα.
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**. Οποιοσδήποτε βρεθεί αναμεμιγμένος σε αντιγραφή κώδικά **απλά παίρνει μηδέν** στο μάθημα. Αυτό ισχύει για **όσους εμπλέκονται ανεξάρτητα** από το ποιος έδωσε/πήρε κλπ.