Σχεδιασμός και υλοποίηση μηχανισμών pipe και fork σε unikernels

Μάινας Χαράλαμπος

Επιβλέπων: Γεώργιος Γκούμας

Εργαστήριο Υπολογιστικών Συστημάτων
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
WWW: `http://cslab.ece.ntua.gr/research/`

Μάρτιος 2019

Επισκόπηση

Εισαγωγή

Unikernels

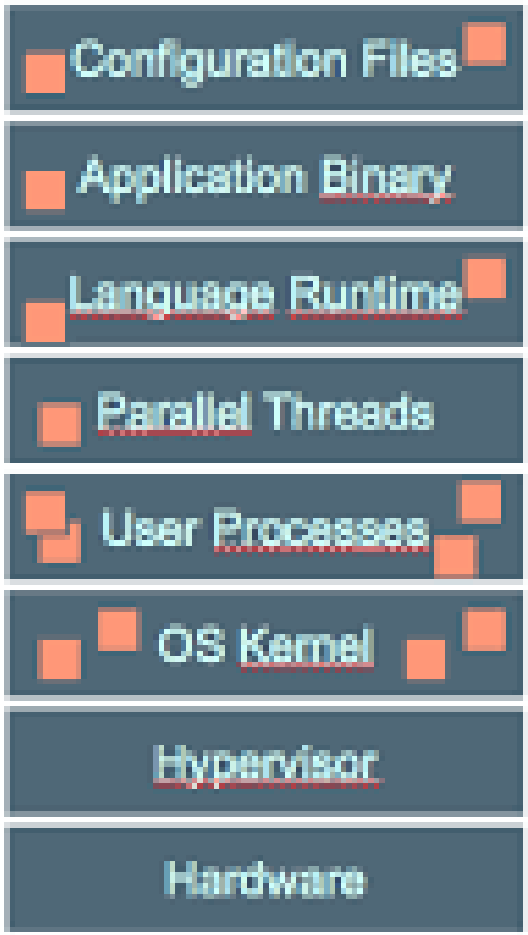
Εξειδικευμένες εικόνες μηχανές, με ένα μοναδικό χώρο διευθύνσεων, τα οποία κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας library operating systems

Αναλύοντας τον ορισμό

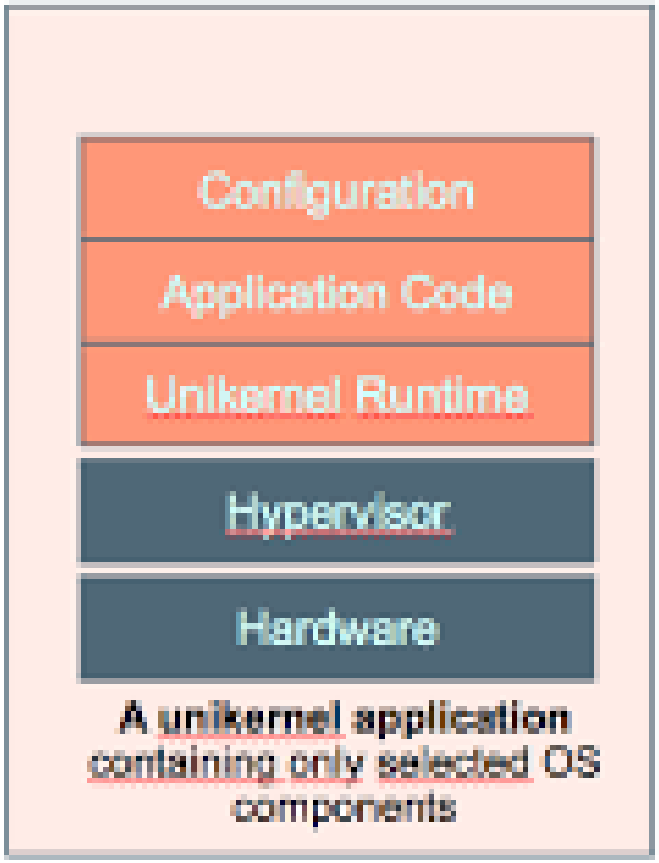
- Εξειδικευμένες
- Μοναδικός χώρος διευθύνσεων
- library operating systems

National Technical University of Athens
CSLab

Typical OS vs unikernel



Typical application running above an OS



A unikernel application containing only selected OS components

Χαρακτηριστικά των unikernels

Πλεονεκτήματα

- Γρήγοροι χρόνοι εκκίνησης
- Μικρό memory footprint
- Περισσότερη ασφάλεια

Μειονεκτήματα

- Porting
- Μικρότερη υποστήριξη

Επισκόπηση

National Technical University of Athens
CSLab

Unikernel frameworks

Rumprun

- Βασισμένο στο NetBSD και συγκεκριμένα στα rump kernels
- POSIX friendly
- Υποστήριξη για threads, filesystem
- Υποστηρίζει πολλές γλώσσες
- Πολλές εφαρμογές έτοιμες να εκτελεστούν σε αυτό

Unikernel frameworks

OSv

- Φτιαγμένο από την αρχή, με στόχο την εκτέλεση στο cloud
- POSIX compatible
- Υποστήριξη για threads, filesystem
- Υποστηρίζει πολλές γλώσσες
- Πολλές εφαρμογές έτοιμες να εκτελεστούν σε αυτό
- Από τα πιο ενεργά projects

Unikernel frameworks

IncludeOS

- Φτιαγμένο από την αρχή
- Μερικώς POSIX compatible
- Single threaded
- Ταχύτατα αναπτυσσόμενο project
- Υποστήριξη μόνο για εγαρμογές σε C++

National Technical University of Athens
CSLab

Unikernel frameworks

MirageOS

- Φτιαγμένο από την αρχή χρησιμοποιώντας OCaml
- Υποστήριξη μόνο για εφαρμογές σε OCaml
- Από τα πιο παλιά unikernel frameworks

Unikernel frameworks

MirageOS

- Φτιαγμένο από την αρχή χρησιμοποιώντας OCaml
- Υποστήριξη μόνο για εφαρμογές σε OCaml
- Από τα πιο παλιά unikernel frameworks

Πολλά ακόμα

- ClickOS
- LKL
- Mini-OS, Unikraft
- HalVM, LING

National Technical University of Athens
CSLab

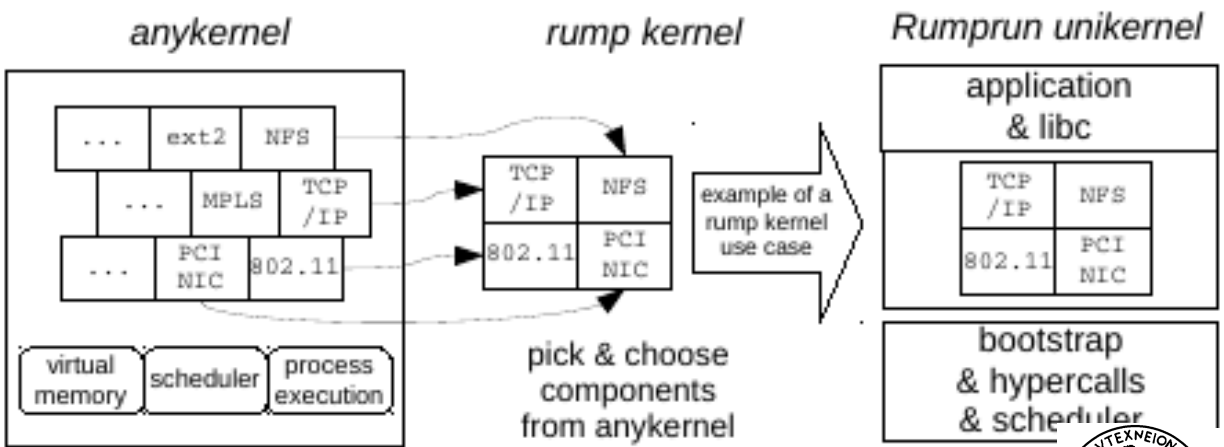
Rumprun

Anykernels

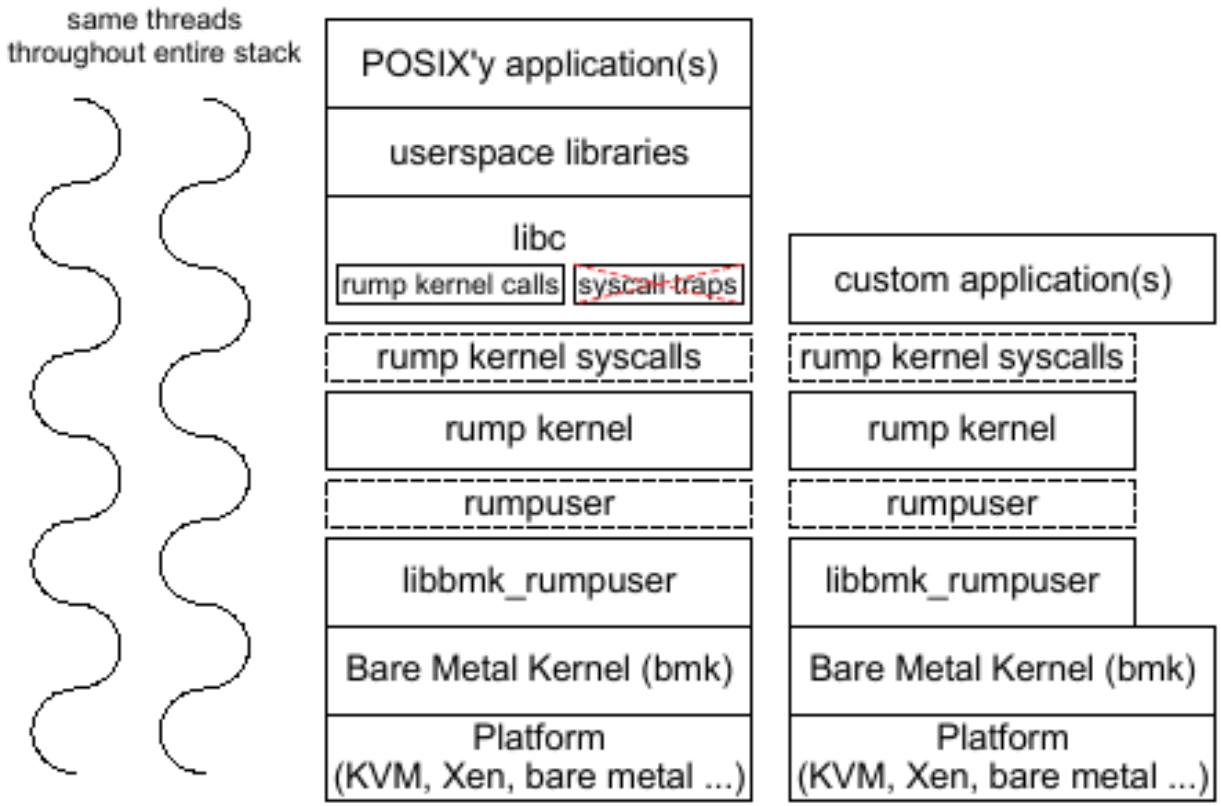
Codebase (πυρήνα) όπου οι οδηγοί μπορούν να εξαχθούν και να ενσωματωθούν σε οποιοδήποτε μοντέλο ΛΣ

Rump kernels

παρέχουν drivers του NetBSD ως φορητά εξαρτήματα με τα οποία μπορούμε να εκτελέσουμε εφαρμογές χωρίς να ναι απαραίτητη η ύπαρξη ΛΣ



Rumprun stack



Επισκόπηση

Βασική ιδέα

single process

- Βασικό κοινό χαρακτηριστικό όλων των unikernels: single process
- Δεν υποστηρίζεται η κλήση fork

Ιδέα

- POSIX friendly
- Διατήρηση βασικών χαρακτηριστικών unikernels
- Unikernels ως διεργασίες και hypervisor ως λειτουργικό συτημα

Αντικείμενο διπλωματικής

Μηχανισμός fork

- Αντί για δημιουργία νέας διεργασίας στο υπάρχον unikernel
- Δημιουργία νέου unikernel
- Από το επίπεδο των διεργασιών στο επίπεδο των εικονικών μηχανών

Μηχανισμός pipe

- Επικοινωνία μεταξύ δύο διεργασιών
- Συνήθης πρακτική, pipe
- Κατασκευή ενός μηχανισμού pipe σε επίπεδο εικονικών μηχανών.

Επισκόπηση

Γενική εικόνα

Pipe system call

int pipe(int fildes[2]);

Pipe semantics:

- Αν το pipe είναι άδειο, η κλήση ανάγνωσης μπλοκάρει μέχρι να προκύψουν δεδομένα
- Αν το pipe είναι γεμάτο, η κλήση εγγραφής μπλοκάρει μέχρι να ελευθερωθεί χώρος
- Αν δεν υπάρχουν ανοιχτά άκρα εγγραφής, τότε η ανάγνωση στο pipe επιστρέφει 0, end of file
- Αν δεν υπάρχουν ανοιχτά άκρα ανάγνωσης, τότε εγγραφή στο pipe επιστρέφει το error EPIPE

Γενική εικόνα

Pipe σε unikernels

Χρήση του pipe για unikernels, όπως και στις διεργασίες ενός συμβατικού ΛΣ.

Τρία στάδια υλοποίησης

1. function call (sockets)
2. system call (sockets)
3. system call (κοινή μνήμη)

Επισκόπηση

National Technical University of Athens
CSLab

Πρώτο στάδιο υλοποίησης

function call

- Στον κώδικα της εφαρμογής
- Δημιουργία δύο sockets (TCP)
- Επιστροφή των δύο sockets
- Διεύθυνση παραλήπτη
- Δεν υλοποιήθηκαν όλα τα semantics του pipe

National Technical University of Athens
CSLab

Επισκόπηση

National Technical University of Athens
CSLab

Δεύτερο στάδιο υλοποίησης

system call

- Χρήση UDP sockets, αντί για TCP
- Δημιουργία system call για τον πυρήνα του NetBSD
- Δημιουργία δύο sockets
- Επιστρέφονται δύο file descriptors
- ioctl κλήση, για τη διεύθυνση του παραλήπτη
- Δεν υλοποιήθηκαν όλα τα semantics του pipe

National Technical University of Athens
CSLab

Επισκόπηση

Τρίτο στάδιο υλοποίησης

system call

- Χρήση κοινής μνήμης μεταξύ των εικονικών μηχανών (ivshmem - nahanni)
- Επιστρέφονται δύο file descriptors
- Ίδιος host
- Υλοποιήθηκαν όλα τα semantics του pipe

National Technical University of Athens
CSLab

Τρίτο στάδιο υλοποίησης

ivshmem

- Χρήση του μηχανισμού ivshmem - nahanni
- Κοινή μνήμη μεταξύ δύο εικονικών μηχανών σε QEMU
- PCI driver

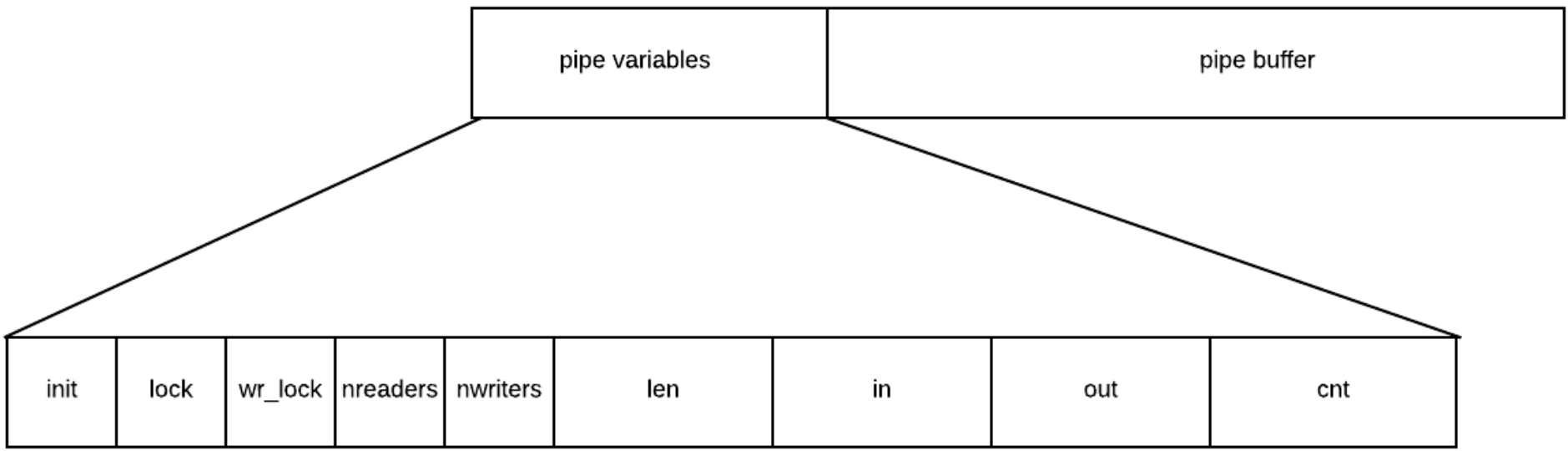
Υλοποίηση

- PCI driver
- Pipe system call

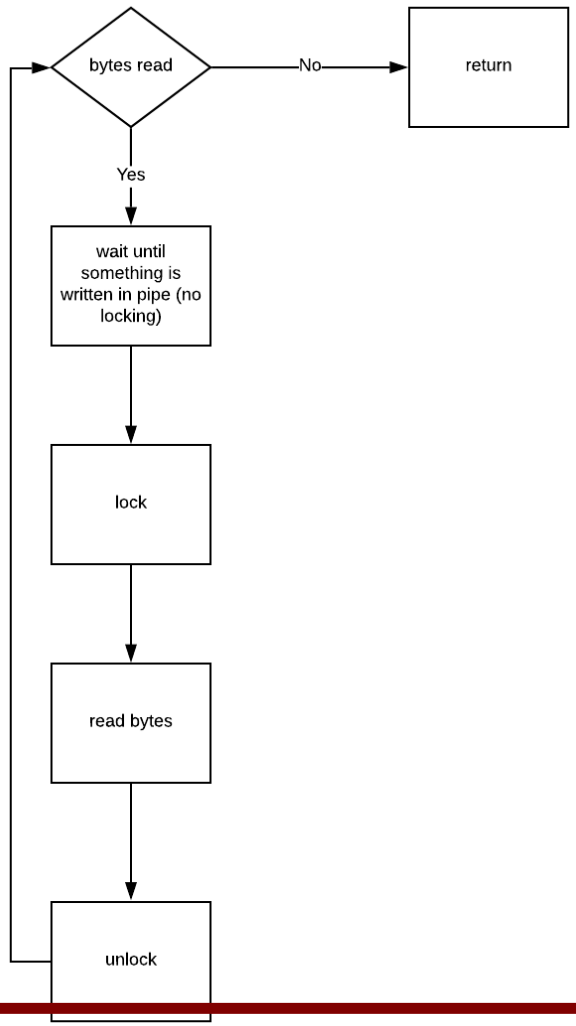
Τρίτο στάδιο υλοποίησης

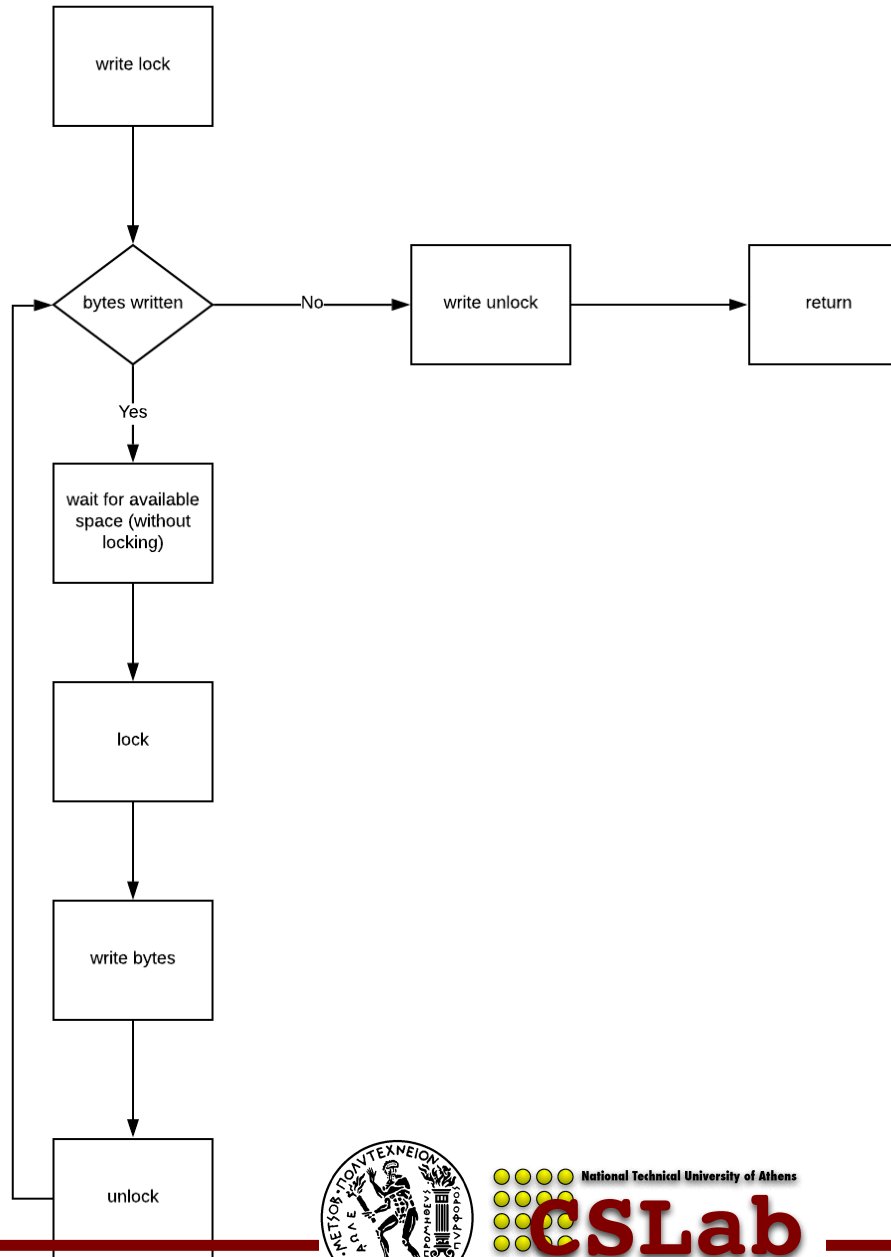
Υλοποίηση

- PCI driver
- Pipe system call



Τρίτο στάδιο υλοποίησης





Επισκόπηση

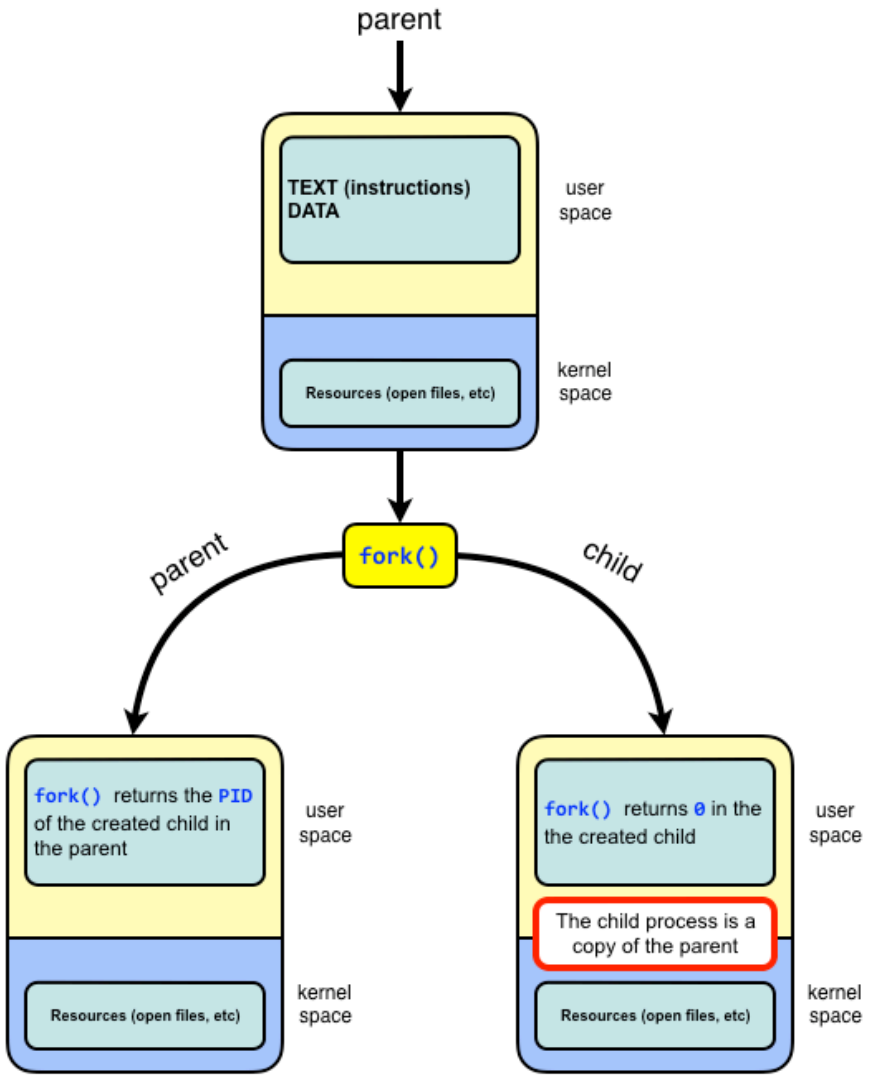
National Technical University of Athens
CSLab

Γενική εικόνα

fork system call

- Δημιουργία νέας διεργασίας
- Η νέα διεργασία είναι ίδια με τη διεργασία γονέα
- Διαχωρισμός των δύο διεργασιών με τιμή επιστροφής από την κλήση συστήματος
- Διατήρηση ανοιχτών file descriptors στη διεργασία παιδί.

fork σε συμαβατικά ΛΣ



Γενική εικόνα

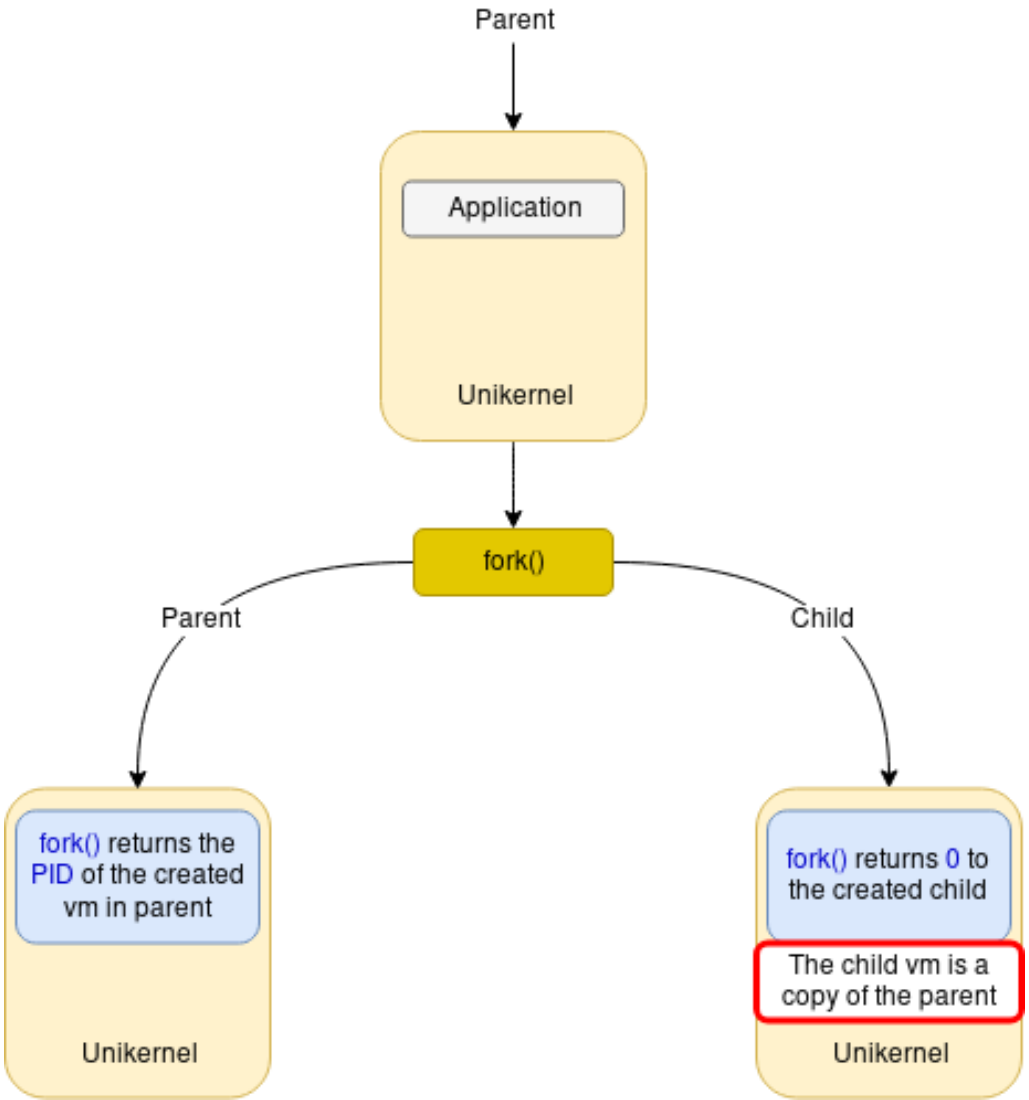
fork system call

- Δημιουργία νέας διεργασίας
- Η νέα διεργασία είναι ίδια με τη διεργασία γονέα
- Διαχωρισμός των δύο διεργασιών με τιμή επιστροφής από την κλήση συστήματος
- Διατήρηση ανοιχτών file descriptors στη διεργασία παιδί.

Στόχος

Μεταφορά της ίδιας λειτουργίας σε επίπεδο εικονικών μηχανών

unikernel fork



Γενική εικόνα

Υλοποίηση

- Μηχανισμός migration του QEMU
- hypercalls

Βήματα

- Ενημέρωση των κοινών μεταβλητών του pipe (αν υπάρχει pipe)
- Εκκίνηση διαδικασίας migration
- Αναμονή για migration
- Εκκίνηση νέας εικονικής μηχανής με βάση το migration file
- Συγχρονισμός κοινής μνήμης

National Technical University of Athens
CSLab

Επισκόπηση

Ενημέρωση κοινών μεταβλητών στο pipe

- Αν υπάρχει pipe θα πρέπει να ενημερωθούν οι κοινές μεταβλητές
- Έλεγχος ύπαρξης pipe
- Αύξηση των μετρητών ανοιχτών άκρων
- Πρόσβαση στην κοινή μνήμη

Εκκίνηση δημιουργίας migration file

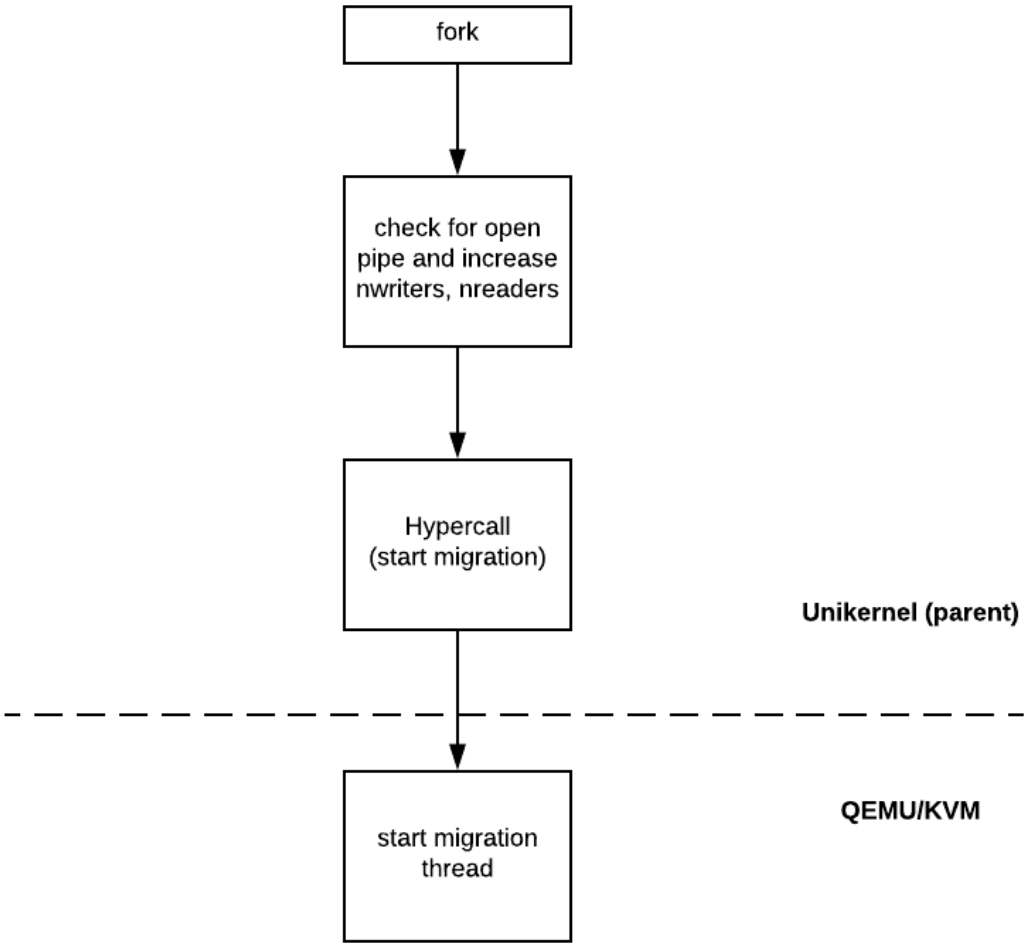
Από τη μεριά του rumprun

Hypercall για την εκκίνηση δημιουργίας migration file

Από τη μεριά του QEMU

- Χρήση του μηχανισμού migration
- Migration thread
- Λειτουργία της εικονικής μηχανής γονέας

Εκκίνηση δημιουργίας migration file



Αναμονή για την περάτωση του migration

Από τη μεριά του rumprun

- Busy wait
- Σημείο εκκίνησης του unikernel παιδί.

Από τη μεριά του QEMU

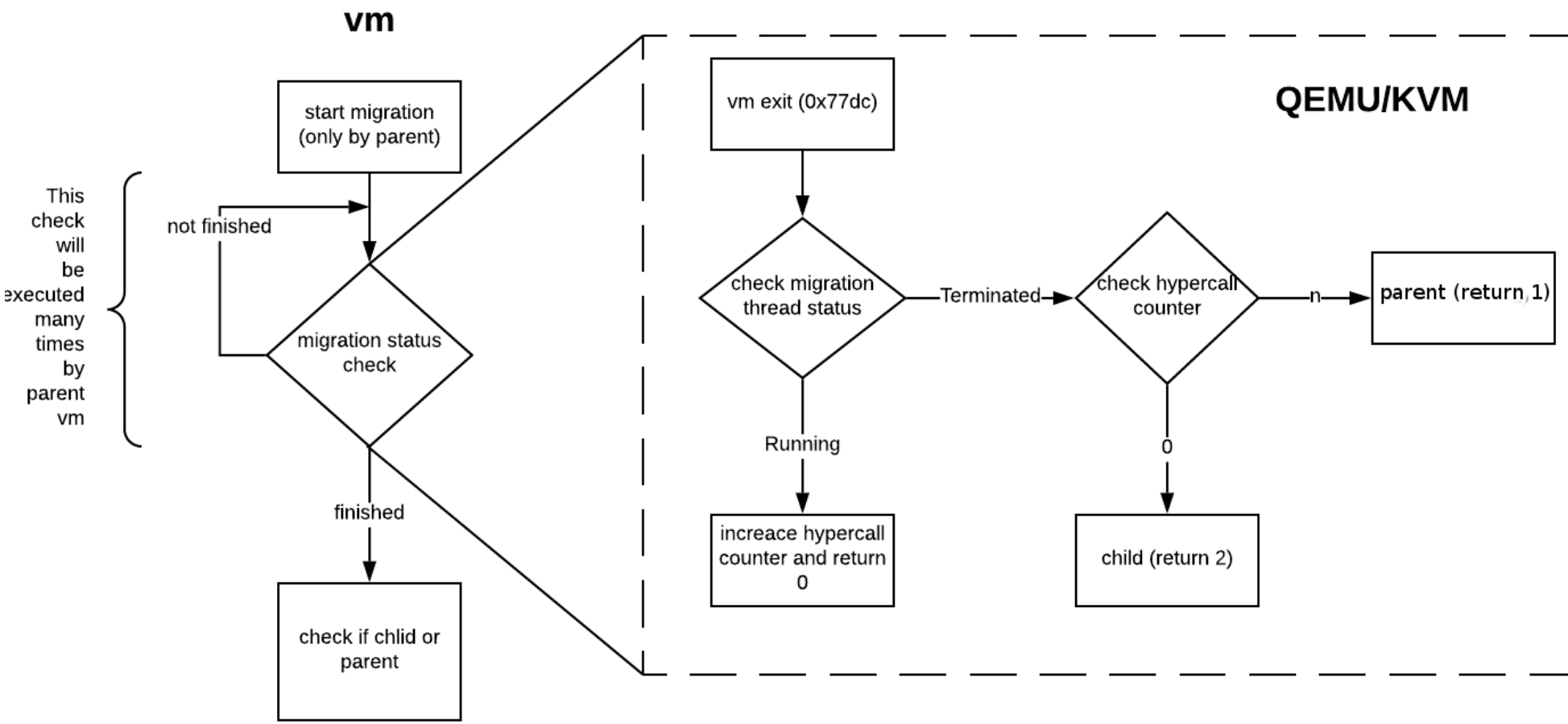
- Κατάσταση του migration thread
- Hypercalls counter

Αναμονή για την περάτωση του migration

Hypercalls counter

- Διάκριση παιδιού, γονέα
- Διαφορετικοί counters για κάθε vm
- Migration, χρονοβόρα διαδικασία
- Ένα ακριβώς hypercall από το παιδί

Αναμονή για την περάτωση του migration



Δημιουργία νέας εικονικής μηχανής

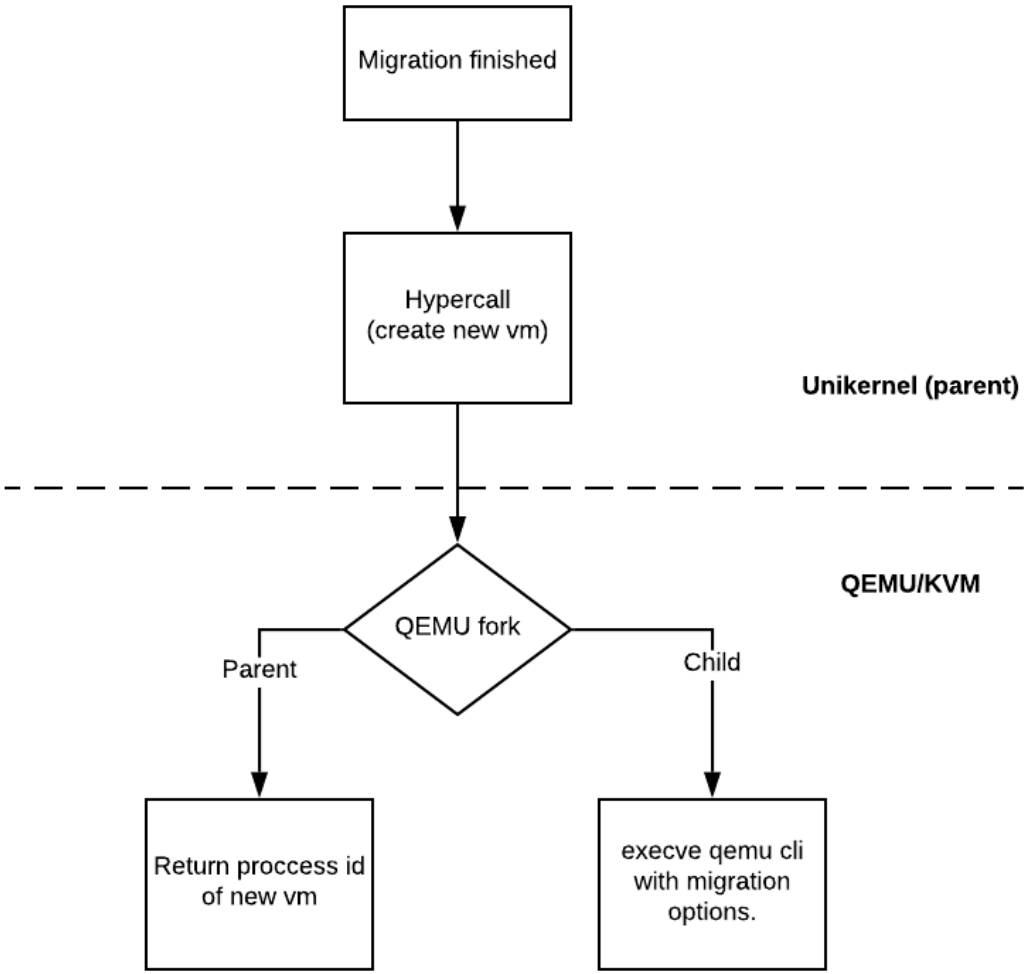
Από τη μεριά του rumprun

Hypercall για την εκκίνηση νέας εικονικής μηχανής

Από τη μεριά του QEMU

- fork
- Επιστροφή process id
- Εκκίνηση νέας εικονικής μηχανής

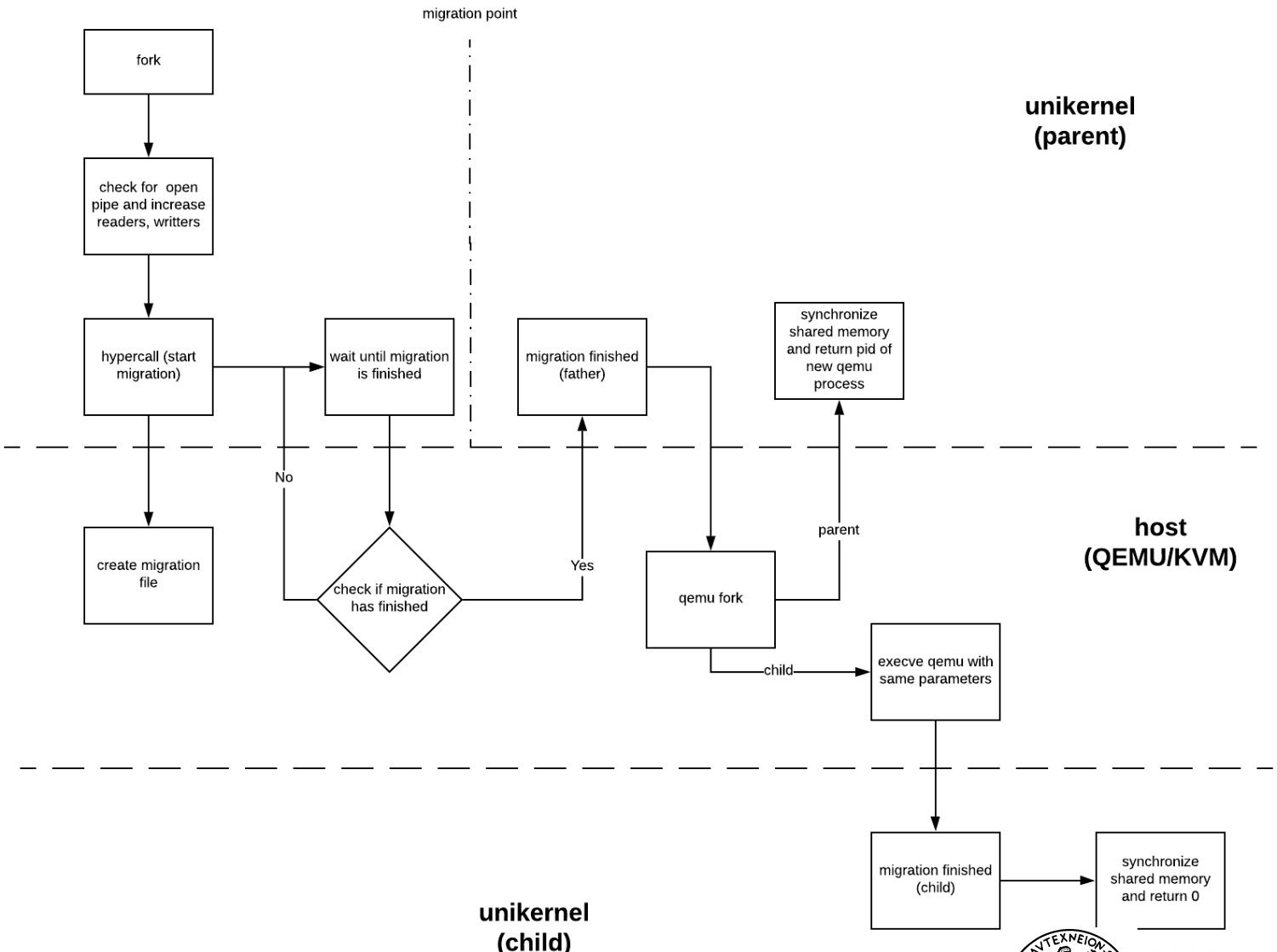
Εκκίνηση δημιουργίας migration file



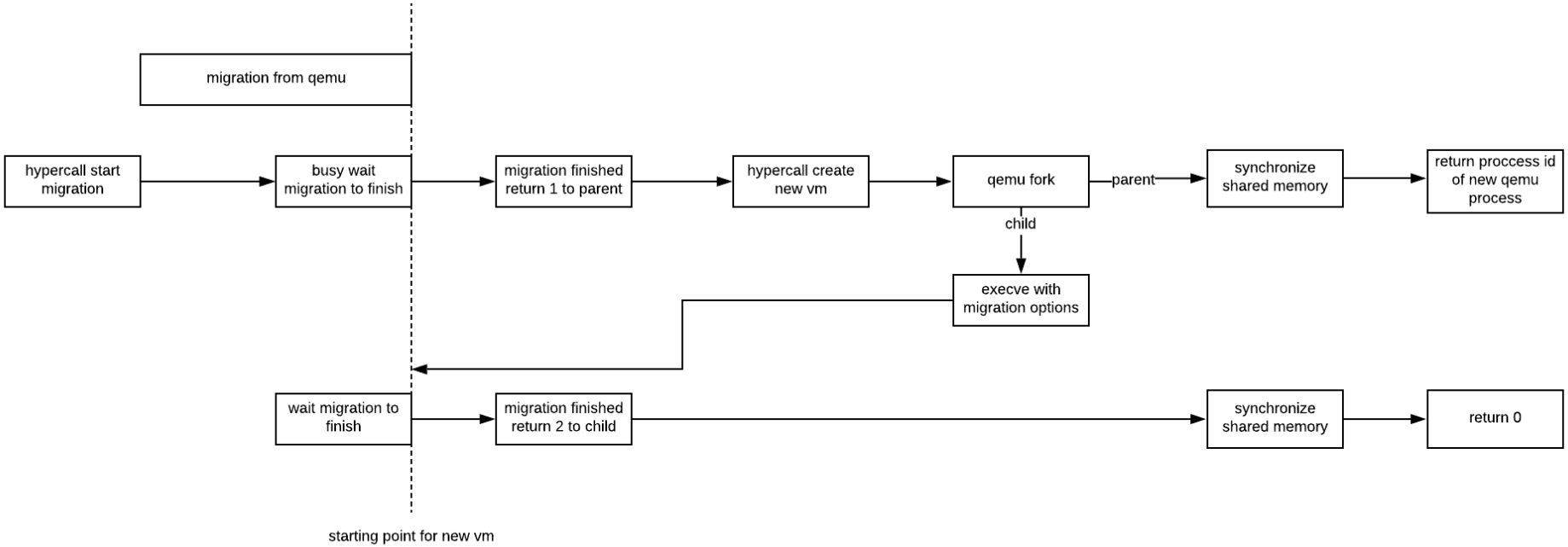
Συγχρονισμός εικονικής μνήμης

- Μόνο στην περίπτωση χρήσης pipe
- Bug(?) κοινής μνήμης
- Busy wait από το γονιό
- Εγγραφή στην κοινή μνήμη από το παιδί

Όλα τα βήματα



Όλα τα βήματα



Επισκόπηση

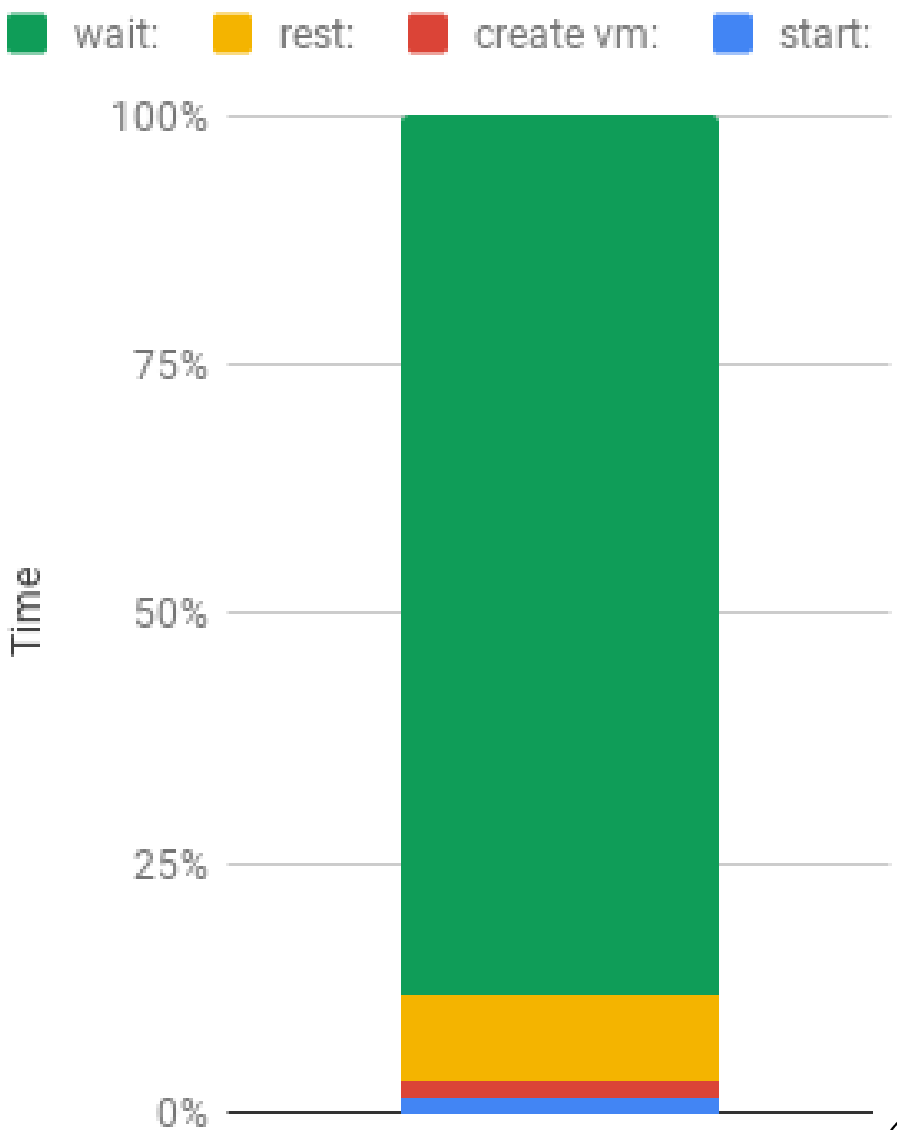
National Technical University of Athens
CSLab

Μετρήσεις

Σύγκριση fork

- Σύγκριση fork σε linux πυρήνα και του δικού μας fork
- Σε ίδια έκδοση QEMU (2.11.2)
- Linux 4.9.0-7-amd64 #1 SMP Debian 4.9.110-3+deb9u2
- Linux: 0.541ms, Unikernel: 137,423ms
- Διαφορά

Time for each step in fork



Σύνοψη

Unikernels:

- Ενδιαφέρουσα τεχνολογία
- Διαφορετικοί στόχοι
- POSIX compatible
- Single process

Αντιμετόπιση των unikernels ως διεργασίες

- Μηχανισμός pipe για unikernels σε ίδιο και διαφορετικό host
- Μηχανισμός fork για unikernels σε ίδιο host

Μελλοντικές Επεκτάσεις

- Χρήση σημάτων, για τη βελτίωση του μηχνασιμού pipe
- Επέκταση inter-unikernel μηχανισμών επικοινωνίας
- Βελτίωση μηχανισμού fork
- Επέκταση του μηχανισμού και σε άλλες πλατφόρμες.

Ευχαριστώ!

Ερωτήσεις;

Backup