



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Κοινόχρηστο με τον host σύστημα αρχείων σε  
unikernel

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Φώτιος Ζαφείρης Μ. Ξενάκης

Επιβλέπων: Νεκτάριος Κοζύρης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2020





Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών  
Τομέας Τεχνολογίας Πληροφορικής και Υπολογιστών

Κοινόχρηστο με τον host σύστημα αρχείων σε  
unikernel

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Φώτιος Ζαφείρης Μ. Ξενάκης

Επιβλέπων: Νεκτάριος Κοζύρης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την -ΤΟΔΟ: ημερομηνία-.

.....  
Νεκτάριος Κοζύρης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Γεώργιος Γκούμας  
Επίκουρος καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Διονύσιος Πνευματικάτος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2020

.....

**Φώτιος Ζαφείρης Μ. Ξενάκης**

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Φώτιος Ζαφείρης Ξενάκης, 2020.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

# Περίληψη

Το cloud computing είναι πλέον εδραιωμένο ως η κυρίαρχη προσέγγιση προς την υπολογιστική υποδομή. Η πληθώρα των υπηρεσιών που παρέχονται από αυτήν την υποδομή έχει ως θεμέλιο λίθο την τεχνολογία της εικονικοποίησης (virtualization). Καθώς το cloud υιοθετείται όλο και περισσότερο σε παγκόσμια κλίμακα, το αυξανόμενο μέγεθος των υπολογιστικών πόρων καθιστά ολοένα και πιο επιτακτική την αποδοτική χρήση αυτών από το λογισμικό. Προς αυτό τον σκοπό, μια λύση είναι τα *unikernels*, πυρήνες λειτουργικών συστημάτων εξειδικευμένοι για να τρέχουν ένα στιγμιότυπο μίας μόνο εφαρμογής κάθε φορά, εξοικονομώντας πόρους σε σχέση με έναν γενικού σκοπού πυρήνα. Έτσι, πλεονεχτούν έναντι στα γενικού σκοπού λειτουργικά συστήματα ως προς την αποδοτικότητα, ενώ ταυτόχρονα προσφέρουν πιο ισχυρή απομόνωση από τα containers, τα οποία αποτελούν μια πιο πρόσφατη, δημοφιλή εναλλακτική.

Η αποδοτική και ταυτόχρονα ασφαλής πρόσβαση των virtualized guests στους πόρους του host συστήματος είναι μια μεγάλη πρόκληση που συνοδεύει την εικονικοποίηση. Σε αυτόν τον τομέα, σημαντική συνεισφορά αποτελεί το *virtio*, μια προδιαγραφή για paravirtualized συσκευές που καθιστά εφικτή την αποδοτική χρήση των πόρων του host. Για την κοινοχρησία αρχείων ανάμεσα σε host και guest μέχρι πρόσφατα οι διαθέσιμες λύσεις βασίζονταν στην εικονική σύνδεση δικτύου μεταξύ των δύο, με υποβέλτιστα αποτελέσματα αφού δεν εκμεταλλεύονταν το γεγονός της συνύπαρξης τους στο ίδιο φυσικό μηχανήμα. Προκειμένου να επιλύσει αυτό το ζήτημα έχει προταθεί το *virtio-fs*, μια εικονική virtio συσκευή που προσφέρει πρόσβαση σε έναν κατάλογο του συστήματος αρχείων του host από τον guest, παρέχοντας υψηλές επιδόσεις και σημασιολογία τοπικού συστήματος αρχείων.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η υλοποίηση και αξιολόγηση της χρήσης του virtio-fs σε ένα unikernel. Δείχνουμε ότι ο συνδυασμός αυτών των δύο έχει σημαντικά πλεονεκτήματα, τόσο από άποψη επιδόσεων, όσο και από διαχειριστική άποψη στο πλαίσιο του cloud. Επίσης, φροντίζουμε ώστε το προϊόν της εργασίας να έχει πρακτική αξία, συνεισφέροντας το στο έργο ανοιχτού λογισμικού του unikernel στο οποίο βασιστήκαμε.

## Λέξεις κλειδιά

εικονικοποίηση, νέφος, σύστημα αρχείων, unikernel, virtio, OSv, virtio-fs, QEMU



# Abstract

Cloud computing has been established as the dominant approach to compute infrastructure. The multitude of services it offers is grounded in virtualization technology. As cloud adoption grows worldwide, the expansion of its compute resources renders their efficient utilization by software imperative. One solution towards that is *unikernels*, operating system kernels specialized to run a single instance of a single application at a time, sparing resources compared to a general-purpose kernel. As such, they have an advantage over general-purpose operating systems as far as resource efficiency is concerned, while also providing stronger isolation than containers, a more recent, popular alternative.

Efficient while also secure virtualized guests' access to the underlying host's resources is a substantial challenge that comes with virtualization. In this aspect, *virtio* has been a significant contribution, as a specification of paravirtual devices enabling efficient usage of the host's resources. For host-guest file sharing, until recently the solutions available relied on the virtual network connection between the two, with suboptimal results, since their colocation on the same physical machine was exploited. To address this issue, *virtio-fs* has been proposed, as a *virtio* device offering guest access to a file system directory on the host, providing high performance and local file system semantics.

This thesis is concerned with the implementation and evaluation of *virtio-fs* in a *unikernel*. We demonstrate that combining the two offers great benefits, both with regard to performance and the operational aspect in a cloud context. Moreover, we cater to the practical value of this work by contributing it to the open source project behind the *unikernel* we based it on.

## Keywords

virtualization, cloud, file system, *unikernel*, *virtio*, OSv, *virtio-fs*, QEMU





# Ευχαριστίες

Για την παρούσα εργασία, που σηματοδοτεί την ολοκλήρωση μίας πορείας ετών, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη του εργαστηρίου υπολογιστικών συστημάτων, υπό την αιγίδα του οποίου πραγματοποιήθηκε. Πιο πολύ όμως θα ήθελα να τους ευχαριστήσω, όπως και άλλα μέλη της σχολής ΗΜΜΥ, για τη διδασκαλία, το γνήσιο ενδιαφέρον και την καλλιέργεια της κουλτούρας του μηχανικού που μου προσέφεραν.

Επίσης, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους ανθρώπους των κοινοτήτων του OSν και του virtio-fs για την υποστήριξη, τις συμβουλές και το χρόνο τους, αλλά κυρίως για την ανοικτότητα, το ήθος και το έργο τους, που ενέπνευσαν αυτή τη συμβολή.

Τέλος, αυτοί για τους οποίους είμαι περισσότερο ευγνώμων είναι η οικογένεια και οι φίλοι μου, που πάντα βρίσκονται στο πλευρό μου, με ανέχονται και με στηρίζουν και χωρίς τους οποίους τίποτα δεν θα μπορούσε να επιτευχθεί.



# Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract	7
Ευχαριστίες	9
Περιεχόμενα	11
Κατάλογος Σχημάτων	12
Κατάλογος Πινάκων	13
1 Εισαγωγή	14
2 Υπόβαθρο	15
3 Υλοποίηση	16
4 Αξιολόγηση	17
5 Συμπεράσματα και επεκτάσεις	18

## Κατάλογος Σχημάτων

## Κατάλογος Πινάκων

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

## Κεφάλαιο 2

### Υπόβαθρο

## Κεφάλαιο 3

### Υλοποίηση



## Κεφάλαιο 4

### Αξιολόγηση

## Κεφάλαιο 5

### Συμπεράσματα και επεκτάσεις