

Εργαστηριακή Άσκηση 1

Εξοικείωση με το FreeBSD και VirtualBox

Ο σκοπός αυτού του μαθήματος είναι η μελέτη της λειτουργίας των δικτύων υπολογιστών και των δικτυακών πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται στο Internet. Μέσω μιας σειράς ασκήσεων, θα αποκτήσετε πρακτική εμπειρία στη διαχείριση και παραμετροποίηση συσκευών δικτύου, κατανοώντας έτσι βαθύτερα τον τρόπο λειτουργίας τους. Μιας και δεν θα έχετε στη διάθεσή σας πραγματικές δικτυακές συσκευές θα εργασθείτε σε εικονικό περιβάλλον. Για τον σκοπό αυτό θα χρησιμοποιήσετε την εφαρμογή VirtualBox της Oracle (<https://www.virtualbox.org/>). Το VirtualBox είναι ένα εργαλείο ελεύθερα διαθέσιμο ως ανοικτό λογισμικό που επιτρέπει την εκτέλεση ενός ή περισσότερων φιλοξενούμενων (guest) λειτουργικών συστημάτων (επισκεπτών) σε εικονικό περιβάλλον στο φιλοξενούν (host) μηχάνημα. Τα λειτουργικά συστήματα που υποστηρίζονται ως επισκέπτες περιλαμβάνουν τα Windows (NT, 2000, XP, κλπ), DOS, Linux, Solaris, OpenSolaris και BSD και άλλα).

Η περίσσεια υπολογιστικής ισχύος στους επεξεργαστές έδωσε τη δυνατότητα για ύπαρξη πολλαπλών επεξεργαστών ή/και πυρήνων στην ίδιο κομμάτι πυριτίου. Συνακόλουθα εμφανίστηκε λογισμικό το οποίο επέτρεψε την εξομίωση του υλικού ώστε να μοιράζονται οι διαθέσιμοι πόροι του φυσικού μηχανήματος σε πολλά εικονικά μηχανήματα (virtual machines). Αυτή η διαδικασία ονομάστηκε εικονικοποίηση (virtualization) επειδή έδωσε ένα ιδεατό περιβάλλον όπου το εκάστοτε εικονικό μηχάνημα λειτουργεί ως εάν έτρεχε μόνο του στο φυσικό μηχάνημα. Σε ένα εικονικοποιημένο περιβάλλον παρέχεται πλήρης απομόνωση (isolation) μεταξύ των εικονικών μηχανημάτων τα οποία αλληλοεπιδρούν ως εάν ήταν φυσικά μηχανήματα.

Η εικονικοποίηση μπορεί να γίνει από λογισμικό (hypervisor) το οποίο εξομοιώνει ένα τυπικό επεξεργαστή με τα περιφερειακά του (οπότε αναφερόμαστε σε emulation π.χ. VirtualBox) είτε με τη δημιουργία παράλληλων δομών δικτύου (network stacks) και διαδικασιών (Process name spaces). Σε αυτή την περίπτωση τα εικονικά μηχανήματα έχουν τις δικές τους διεπαφές και το δικό τους χώρο διεργασιών, αλλά μοιράζονται χώρο στο σύστημα αρχείων (file system). Η δεύτερη περίπτωση αναφέρεται ως paravirtualization και οι τεχνολογίες υλοποίησης ποικίλουν (π.χ. LinuX Containers – LXC, BSD Jails, OpenVZ, VServer κλπ).

Στο μάθημα αυτό θα χρησιμοποιήσετε το VirtualBox και εικονικές δικτυακές συσκευές που στην πραγματικότητα είναι μηχανήματα τύπου UNIX (ανοιχτού λογισμικού) εμπλουτισμένα με εφαρμογές που τα καθιστούν λειτουργικά ισοδύναμα με έναν πραγματικό δρομολογητή. Στις ασκήσεις του εργαστηρίου θα χρησιμοποιηθεί το FreeBSD ως ακραίο μηχάνημα, εικονικοί δρομολογητές μέσω της διανομής BSD Router Project (<https://bsdrp.net>) καθώς και το FRRouting (<https://frrouting.org>), ένα εξειδικευμένο λογισμικό δρομολόγησης ανοικτού κώδικα. Στην άσκηση αυτή θα αποκτήσετε μια πρώτη επαφή με το περιβάλλον εικονικοποίησης VirtualBox και θα εξασκηθείτε με τις εντολές του FreeBSD που θα χρειαστούν στις επόμενες εργαστηριακές ασκήσεις, με ιδιαίτερη έμφαση σε αυτές που σχετίζονται με τις λειτουργίες του δικτύου. Στη συνέχεια ακολουθεί μια σύντομη εισαγωγή στο UNIX για όσους δεν έχουν προηγούμενη εμπειρία.

UNIX

Το UNIX δημιουργήθηκε στα τέλη του 1960, από τα Bell Labs της American Telephone and Telegraph Company (AT&T). Είναι ένα λειτουργικό σύστημα πολλαπλών χρηστών και πολλαπλών εργασιών, ικανό να εξυπηρετήσει πλήθος αναγκών, ξεκινώντας από χρήση απλού προσωπικού υπολογιστή έως φάρμες από εξυπηρετητές και συστήματα δικτύων. Η σημερινή έκδοσή του UNIX έχει προκύψει από διάφορους φορείς, την AT&T καθώς και άλλες εταιρίες, Πανεπιστήμια όπως το Berkeley στην California και άλλους μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς.

Το UNIX αποτελείται από τον πυρήνα, τους οδηγούς συσκευών και τα εργαλεία χρήστη. Ο πυρήνας είναι το κέντρο του συστήματος, υπεύθυνος για τον έλεγχο των προγραμμάτων που εκτελούνται, τη διαχείριση του υλικού, της μνήμης, του συστήματος αρχείων και του δικτύου. Οι οδηγοί συσκευών επιτρέπουν στα προγράμματα να επικοινωνήσουν με τις διάφορες συσκευές. Τα εργαλεία χρήστη περιλαμβάνουν το κέλυφος, ένα σύστημα γραμμής εντολών, καθώς και διάφορα άλλα βοηθητικά προγράμματα.

Το σύστημα αρχείων (file system)

Το UNIX οργανώνει το σύστημα αρχείων σε μία ιεραρχική/δενδρική δομή καταλόγων. Με τον όρο αρχείο ορίζουμε ένα σύνολο δεδομένων που συνήθως έχουν συνάφεια μεταξύ τους και μπορούν να θεωρηθούν ως μία αυτόνομη ροή χαρακτήρων. Το σύστημα οργάνωσης αρχείων περιγράφει την αφαιρετική δομή για την αποθήκευση, ανάγνωση και ενημέρωση ενός συνόλου αρχείων. Ο όρος αυτός καλύπτει και τις δομές δεδομένων που είναι σχεδιασμένες για την οργάνωση πολλαπλών αρχείων σε μία ροή χαρακτήρων καθώς και τα πρωτόκολλα δικτύου για την απομακρυσμένη πρόσβαση σε συγκεκριμένα αρχεία. Στην οργάνωση του συστήματος αρχείων δεν περιλαμβάνουμε τα δεδομένα των αρχείων αλλά μόνο κάποια χαρακτηριστικά του όπως το όνομα, ο τύπος, το φυσικό μέγεθος που καταλαμβάνει το δίσκο, τον κάτοχο και τον χρόνο τελευταίας προσπέλασης, δημιουργίας.

Ο αρχικός κατάλογος στην κορυφή της ιεραρχίας ονομάζεται root directory (ρίζα) και υποδηλώνεται μέσω του συμβόλου “/” (slash). Ακριβώς κάτω από τον ριζικό κατάλογο υπάρχουν διάφοροι άλλοι, οι περισσότεροι από τους οποίους περιέχουν αρχεία συστήματος, εκτός του /home. Ακόμα πιο κάτω υπάρχουν αρχεία συστήματος, αρχεία εφαρμογών και αρχεία με δεδομένα χρηστών. Κάθε αρχείο και κάθε κατάλογος στο σύστημα αρχείων προσδιορίζεται μοναδικά με ένα όνομα. Τα ονόματα μπορεί να είναι είτε σχετικά είτε απόλυτα, π.χ. το /home/lab/work είναι απόλυτο, ενώ το lab/play (χωρίς το slash) είναι σχετικό.

Λογαριασμοί χρηστών (User accounts)

Επειδή το UNIX δημιουργήθηκε από την αρχή για υποστήριξη πολλαπλών χρηστών, υπάρχουν περιορισμοί στο τι μπορεί να κάνει ο κάθε χρήστης στο σύστημα. Τυπικά, οι λογαριασμοί απλών χρηστών δεν έχουν τη δυνατότητα να επέμβουν σε κρίσιμα αρχεία του λειτουργικού ή να εκτελέσουν εντολές που επηρεάζουν τη λειτουργία του συστήματος ή άλλων συστημάτων στο δίκτυο. Ο μόνος λογαριασμός χρήστη που από προεπιλογή δεν υπόκειται σε περιορισμούς ως προς το τι μπορεί να κάνει είναι αυτός του διαχειριστή (root), ο οποίος έχει πλήρη δικαιώματα στο σύστημα.

Δικαιώματα επί αρχείων (File permissions)

Στο UNIX, για κάθε κατάλογο και αρχείο ορίζονται δικαιώματα πρόσβασης από τους χρήστες. Κάθε αρχείο ανήκει σε έναν χρήστη, ο οποίος μπορεί να αλλάξει τα δικαιώματα πρόσβασης των υπόλοιπων χρηστών του συστήματος ή και του εαυτού του σε αυτό. Τα δικαιώματα που ορίζονται είναι αυτά της ανάγνωσης (read), της εγγραφής (write) και της εκτέλεσης (execute), και ορίζονται ξεχωριστά για τον ιδιοκτήτη του αρχείου / καταλόγου (user), για τους χρήστες που ανήκουν στην ίδια ομάδα χρηστών με αυτόν (group) και για τους υπόλοιπους χρήστες (others). Φυσικά, ο διαχειριστής έχει απεριόριστη πρόσβαση στα αρχεία όλων των χρηστών.

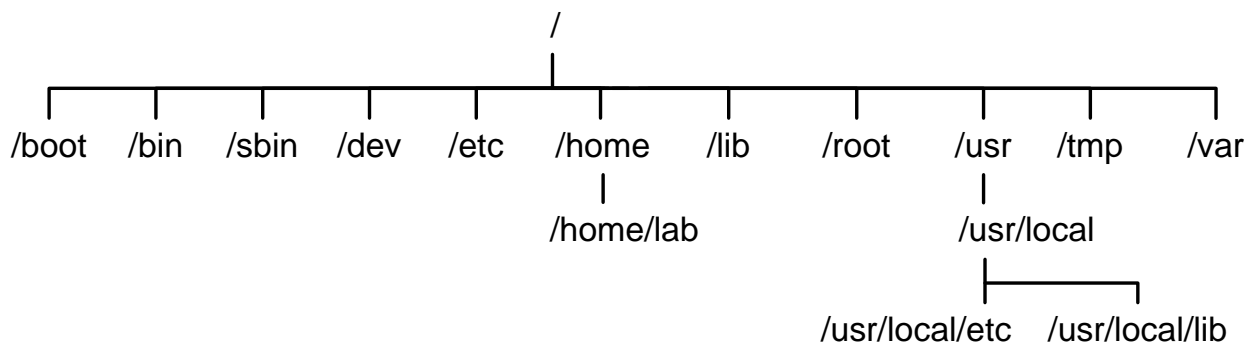
FreeBSD

Η έκδοση του UNIX που θα χρησιμοποιηθεί στις ασκήσεις είναι το FreeBSD. Το FreeBSD είναι ένα υψηλής επίδοσης λειτουργικό σύστημα, ανοικτού κώδικα, σχεδιασμένο να τρέχει βέλτιστα στις διάφορες αρχιτεκτονικές Intel και AMD, αυτές που χρησιμοποιούμε καθημερινά στους προσωπικούς υπολογιστές μας. Το BSD είναι κοντινός απόγονος του UNIX, έχοντας αναπτυχθεί από το Πανεπιστήμιο του Berkeley (Berkeley Software Distribution) με κοινό κώδικα σε σχέση με το UNIX

των Bell Labs. Αν και από τότε ο κώδικας έχει εξελιχθεί (και αντικατασταθεί), τα συστήματα BSD, γενικότερα, συνεχίζουν να έχουν πολλές κοινές ρίζες με το AT&T UNIX.

Το FreeBSD συνήθως χρησιμοποιεί το Unix File System (UFS ή Berkeley Fast File System - FFS, 1984) και μάλιστα τη δεύτερη έκδοσή του, όπως διαμορφώθηκε το 2003, για την υποστήριξη τιμών και μετρητών μήκους 64 bit ώστε να υποστηρίζονται σκληροί δίσκοι μεγάλης χωρητικότητας καθώς και μεμονωμένα αρχεία πολύ μεγάλου μεγέθους. Σήμερα χρησιμοποιείται και το ZFS (Zettabyte File System) που αναπτύχθηκε από τη Sun Microsystems. Άλλα γνωστά συστήματα αρχείων που χρησιμοποιούνται ευρέως σε διανομές Linux είναι τα EXT2, EXT3, EXT4 καθώς και τα FAT32 και NTFS (στα Windows).

Σε αντίθεση με συστήματα Linux, η δομή του συστήματος αρχείων ελέγχεται αυστηρά. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το σύστημα αρχείων FreeBSD. Στον κατάλογο /etc βρίσκονται τα αρχεία διάρθρωσης του συστήματος. Τα εκτελέσιμα προγράμματα είναι στους καταλόγους /bin, /sbin, /usr/bin και /usr/sbin ανάλογα με την προέλευσή τους και τον σκοπό τους. Οτιδήποτε επιπλέον λογισμικό ή πακέτο εφαρμογών εγκαθιστά ο διαχειριστής, τοποθετείται κάτω από τον κατάλογο /usr/local. Έτσι τα εκτελέσιμα προγράμματα από τρίτους εγκαθίστανται στα /usr/local/bin or /usr/local/sbin και τα αντίστοιχα αρχεία διάρθρωσης στο /usr/local/etc. Το /root είναι ο κατάλογος αρχείων του διαχειριστή (root), ενώ οι αντίστοιχοι κατάλογοι χρηστών βρίσκονται κάτω από το /home. Τέλος, το /home είναι δείκτης προς τον κατάλογο /usr/home.



Η υλοποίηση του TCP/IP στο BSD θεωρείται από πολλούς ως η καλύτερη παγκοσμίως και συχνά χρησιμοποιείται από προγραμματιστές ως το σημείο αναφοράς σε οτιδήποτε σχετικό με δίκτυα. Οι διάφορες μορφές του BSD χρησιμοποιούνται συχνά σε δικτυακά λειτουργικά συστήματα, όπως π.χ. τα Juniper Network Operating System (JunOS), OpenConnect appliance του Netflix και Cisco Ironport (AsyncOS), τα τείχη προστασίας (firewalls) όπως τα OPNSense και pfSense καθώς στον δρομολογητή BSD Router που θα χρησιμοποιήσετε στις εργαστηριακές ασκήσεις. Επίσης λόγω της ελεύθερης άδειάς τους, έχει χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς και σε δικτυακές εφαρμογές μεγάλης κλίμακας, π.χ. στο Yahoo!, στο Hotmail (πριν αγοραστεί από τη Microsoft) ακόμα και στα ίδια τα Windows, στη στοίβα IPv4 και σε διάφορες δικτυακές εντολές (ftp, nslookup, finger, rsh, rcp).

Για τις παρακάτω ασκήσεις απαντήστε στο συνοδευτικό φυλλάδιο, το οποίο θα υποβάλλετε ως αρχείο pdf.

Άσκηση 1: Γνωριμία με το περιβάλλον εργασίας

Για την άσκηση θα πρέπει να εγκαταστήσετε το VirtualBox στον προσωπικό σας υπολογιστή. Κατεβάστε την κατάλληλη έκδοσή του ανάλογα με το λειτουργικό σύστημα του υπολογιστή σας από το <https://www.virtualbox.org/wiki/Downloads> και προχωρήστε στην εγκατάσταση δεχόμενοι τις τυπικές ρυθμίσεις (οι επιλογές για Bridged Networking και Host Only Networking να είναι επιλεγμένες) καθώς και την προειδοποίηση για την κάρτα δικτύου. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία

προχωρήστε στην εγκατάσταση του VirtualBox Extension Pack κάνοντας κλικ στον σχετικό υπερ-σύνδεσμο που θα βρείτε στην ίδια ιστοσελίδα.

Στη συνέχεια κατεβάσετε με ανώνυμο ftp από το edu-dy.cn.ntua.gr επιλέγοντας δυαδικό (bin) τρόπο μεταφοράς το αρχείο FreeBSD10.4.ova. Εντοπίστε στην επιφάνεια εργασίας τη συντόμευση για το VirtualBox και ξεκινήστε το. Ακολουθήστε τη διαδρομή *File → Import Appliance ...* και στην οθόνη που θα εμφανισθεί, αναζητήστε και επιλέξτε το αρχείο FreeBSD.ova που μόλις κατεβάσατε. Κάντε κλικ στο Next και μετά στο Import χωρίς να κάνετε κάποια αλλαγή στις ρυθμίσεις που θα εμφανισθούν. Το VirtualBox θα φορτώσει μια εικονική μηχανή με λειτουργικό σύστημα FreeBSD. Η εικονική μηχανή εμφανίζεται στο αριστερό μέρος του γραφικού περιβάλλοντος σε κατάσταση μη λειτουργίας (powered off). Προτού εκκινήσετε το μηχάνημα, επιλέξτε από το μενού των ρυθμίσεων ως κάρτα δικτύου το “Host only adapter”. Κάνοντας διπλό κλικ στο εικονίδιο της μηχανής θα γίνει η εκκίνηση ως εάν πιέζατε τον διακόπτη τροφοδοσίας ισχύος στο πραγματικό μηχάνημα. Το VirtualBox αμέσως εμφανίζει ένα μήνυμα προειδοποίησης που σας περιγράφει τον τρόπο χειρισμού του πληκτρολογίου από το φιλοξενούμενο μηχάνημα. Σε περίληψη, σας προειδοποιεί ότι όταν το σχετικό παράθυρο είναι ενεργό, το εικονικό μηχάνημα αυτόματα συλλαμβάνει το πληκτρολόγιο, το οποίο δεν είναι διαθέσιμο για άλλες εφαρμογές. Για να σταματήσει η αυτόματη σύλληψη πρέπει να πατήσετε το πλήκτρο που υποδεικνύει το μήνυμα, δηλαδή, το δεξί Ctrl (Right Ctrl). Πιέστε το OK για να συνεχίσει η φόρτωση του λειτουργικού συστήματος στο φιλοξενούμενο μηχάνημα¹. Θα εμφανισθεί ένα δεύτερο μήνυμα προειδοποίησης σχετικά με τη σύλληψη των κινήσεων του ποντικιού. Εδώ η προειδοποίηση είναι ότι δεν υποστηρίζεται η εν λόγω λειτουργία. Πιέστε το OK και η φόρτωση του λειτουργικού θα ολοκληρωθεί. Τώρα το VirtualBox εμφανίζει το εικονικό μηχάνημα να εκτελείται (running) και μπορείτε να δώσετε εντολές φλοιού στο παράθυρο που θα εμφανισθεί ή να συνδεθείτε σε αυτό από το φιλοξενούν μηχάνημα.

Στο εικονικό σας μηχάνημα έχετε επιλέξει να χρησιμοποιηθεί δικτύωση Host Only (όπως την αποκαλεί το VirtualBox). Στη λειτουργία αυτή το φιλοξενούν μηχάνημα και τα εικονικά μηχανήματα βρίσκονται σε ένα κοινό εικονικό τοπικό δίκτυο. Στο εικονικό δίκτυο έχει ορισθεί και ένας εξυπηρετητής DHCP ώστε τα εικονικά μηχανήματα να λαμβάνουν αυτόματα διευθύνσεις IP. Θα βρείτε τις σχετικές διευθύνσεις IP από το γραφικό περιβάλλον του VirtualBox ακολουθώντας τη διαδρομή *File → Tools → Network Manager...* (ή απλώς Ctrl+H) και επιλέγοντας το VirtualBox Host Only Ethernet Adapter.

- 1.1 Ποια είναι η διεύθυνση IPv4 του εικονικού VirtualBox Host-Only Ethernet Adapter;
- 1.2 Ποια είναι η μάσκα του τοπικού δικτύου;
- 1.3 Είναι ενεργοποιημένος ο εξυπηρετητής DHCP;
- 1.4 Εάν ναι, ποια είναι η διεύθυνση IPv4 του εξυπηρετητή DHCP και ποια η περιοχή διευθύνσεων που έχει διατεθεί για δυναμική παραχώρηση;

Στο εικονικό μηχάνημα έχουν ορισθεί δύο χρήστες, ο “root”, δηλαδή ο διαχειριστής του συστήματος, και ο “lab”, ένας κοινός χρήστης, αμφότεροι με συνθηματικό “ntua”. Χρησιμοποιήστε την κονσόλα του εικονικού σας μηχανήματος για να εισέλθετε ως τοπικός χρήστης lab.

- 1.5 Ποια προτροπή (prompt) εμφανίζεται για τον χρήστη lab;
- 1.6 Δώστε την εντολή man. Ποιο είναι το αποτέλεσμα;
- 1.7 Ποιο είναι το αποτέλεσμα της εντολής man man; [Χρησιμοποιήστε το “q” για να εξέλθετε από το man.]
- 1.8 Ποιο είναι το αποτέλεσμα της εντολής man hier;

¹ Εάν θέλετε να μην ξαναεμφανισθεί το εν λόγω μήνυμα επιλέξτε και το σχετικό κουτί.

- 1.9 Τι είδους αρχεία περιέχει ο κατάλογος /lib σύμφωνα με το αποτέλεσμα της προηγούμενης εντολής;
- 1.10 Σε ποιον κατάλογο βρίσκονται οι θυρίδες (mailboxes) ηλεκτρονικού ταχυδρομείου των χρηστών;

Μελετήστε τη σελίδα man για την εντολή less.

- 1.11 Ποια πλήκτρα μπορείτε να χρησιμοποιήσετε προκειμένου να περιηγηθείτε στη σελίδα;
- 1.12 Πώς μπορείτε να αναζητήσετε μια συγκεκριμένη λέξη σε αυτή;
- 1.13 Ποιο είναι το βασικό πλεονέκτημα της less σε σχέση με την more;

Χρησιμοποιήστε τις εντολές hostname, id, whoami και pwd προκειμένου να απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις. Για βοήθεια συμβουλευθείτε και τις αντίστοιχες σελίδες man. Μαζί με την απάντησή σας να καταγράψετε και τη συγκεκριμένη σύνταξη της εντολής που χρησιμοποιήσατε.

- 1.14 Ποιο είναι το όνομα του εικονικού μηχανήματος;
- 1.15 Ποιο είναι το όνομα χρήστη με το οποίο έχετε συνδεθεί;
- 1.16 Ποιος είναι ο αριθμός ταυτότητας (uid) του χρήστη lab;
- 1.17 Σε ποιες ομάδες χρηστών ανήκει ο χρήστης lab;
- 1.18 Ποιος είναι ο τρέχων (home) φάκελος εργασίας του χρήστη lab;

Εκτελέστε την εντολή logout για να εξέλθετε από απλός χρήστης και εισέλθετε ως χρήστης root.

- 1.19 Ποια προτροπή (prompt) εμφανίζεται για τον διαχειριστή root;
- 1.20 Ποιος είναι ο αριθμός ταυτότητας (uid) του διαχειριστή root;
- 1.21 Σε ποιες ομάδες χρηστών ανήκει ο διαχειριστής;
- 1.22 Ποιος είναι ο αριθμός ταυτότητας (gid) της ομάδας wheel;

Επανεκκινήστε το μηχάνημα δίνοντας την εντολή reboot. Έπειτα, αφού εισέλθετε ως χρήστης root, δώστε την εντολή dhclient em0.

- 1.23 Ποιος είναι ο τρέχων (home) φάκελος εργασίας του χρήστη root;
- 1.24 Ποια διεύθυνση IPv4 αποδόθηκε στο εικονικό σας μηχάνημα από τον εξυπηρετητή DHCP;

Με τη βοήθεια των εντολών cat, ifconfig και ping απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις. Όπως και πριν μαζί με την απάντησή σας καταγράψτε και τη συγκεκριμένη σύνταξη της εντολής που χρησιμοποιήσατε.

- 1.25 Ποιες δικτυακές διεπαφές διαθέτει το εικονικό μηχάνημα;
- 1.26 Ποια είναι η διεύθυνση MAC της κάρτας δικτύου em0 του εικονικού μηχανήματος;
- 1.27 Ποια είναι η ταχύτητα της κάρτας δικτύου em0;
- 1.28 Ποια είναι η διεύθυνση IPv4 της διαπαφής που αντιστοιχεί στην κάρτα δικτύου em0;
- 1.29 Ποια είναι η μάσκα υποδικτύου σε δεκαδική μορφή;
- 1.30 Ποια είναι η τιμή της MTU;
- 1.31 Επαναλάβετε τις 3 προηγούμενες ερωτήσεις για τον βρόχο επιστροφής lo0.
- 1.32 Έχουν ορισθεί εξυπηρετητές DNS στο αρχείο /etc/resolv.conf;
- 1.33 Απαντά το φιλοξενούν μηχάνημα εάν κάνετε ping από το φιλοξενούμενο;
- 1.34 Απαντά το φιλοξενούμενο μηχάνημα εάν κάνετε ping από το φιλοξενούν;
- 1.35 Πόσες φορές στέλνει πακέτα η εντολή ping σε σύγκριση με την αντίστοιχη των Windows;

Άσκηση 2: Βασικές εντολές συστήματος αρχείων

Σε αυτήν την άσκηση θα συνδεθείτε από το φιλοξενούν μηχανήμα στο εικονικό μηχανήμα, ως εάν αυτό ήταν μια απομακρυσμένη συσκευή στο διαδίκτυο μέσω του πρωτοκόλλου SSH. Το SSH (Secure Shell) είναι ένα δικτυακό πρωτόκολλο για ασφαλή επικοινωνία μεταξύ δύο διασυνδεδεμένων συστημάτων, του εξυπηρετητή και του πελάτη (SSH server, SSH client αντίστοιχα). Έχει σχεδιαστεί ως αντικαταστάτης των παλαιότερων πρωτοκόλλων TELNET, FTP και RSH. Σε λειτουργικά συστήματα τύπου Unix/Linux και στα Windows 10 υλοποιείται στην εντολή φλοιού ssh (στα Windows 10 ίσως χρειαστεί να την ενεργοποιήσετε). Σε παλαιότερες εκδόσεις των Windows δεν υπάρχει η εντολή ssh οπότε θα πρέπει να εγκαταστήσετε έναν πελάτη SSH, π.χ. το πρόγραμμα PuTTY, μια υλοποίησή του πρωτοκόλλου SSH σε γραφικό περιβάλλον Windows, που θα βρείτε στην ιστοθέση <https://www.putty.org/>.

Στη συνέχεια συνδεθείτε με SSH (secure shell) ως χρήστης lab από το φιλοξενούν μηχανήμα στο εικονικό σας μηχανήμα στη διεύθυνση IPv4 που βρήκατε προηγουμένως. Απαντήστε θετικά στην ερώτηση που θα γίνει σχετικά με το εάν αποδέχεστε το πιστοποιητικό ασφαλείας. Έχοντας πλέον συνδεθεί, βρείτε και καταγράψτε τη σωστή σύνταξη των εντολών cd, pwd, ls, find, cp, mv, rm, gzip, mkdir, df και touch για να πραγματοποιήσετε τα παρακάτω:

- 2.1 Βρείτε το όνομα του φακέλου (home directory) όπου βρίσκεστε.
- 2.2 Δημιουργήστε ένα νέο φάκελο tmp.
- 2.3 Δημιουργήστε νέο φάκελο κάτω από το tmp, χρησιμοποιώντας για όνομα τον αριθμό μητρώου σας.
- 2.4 Μετακινηθείτε στο νέο φάκελο με τον αριθμό μητρώου σας.
- 2.5 Βρείτε σε ποιους φακέλους του συστήματος υπάρχει αρχείο με όνομα hosts.
- 2.6 Αντιγράψτε το αρχείο /etc/hosts στον φάκελο που δημιουργήσατε.
- 2.7 Μετονομάστε το αρχείο από hosts σε hostsfile.
- 2.8 Καταγράψτε και επεξηγήστε τα δικαιώματα επί του αρχείου hostsfile.
- 2.9 Δημιουργήστε ένα νέο άδειο αρχείο με όνομα "test".
- 2.10 Δημιουργήστε ένα νέο κρυφό άδειο αρχείο με όνομα ".hidden".
- 2.11 Βρείτε το μέγεθος του αρχείου /etc/services.
- 2.12 Τεκμηριώστε τις διαφορές των εντολών df -H, df -h.
- 2.13 Επιβεβαιώστε ότι υπάρχει αρκετός χώρος στον δίσκο όπου βρίσκεται ο φάκελός σας για να αντιγράψετε το αρχείο /etc/services.
- 2.14 Αντιγράψτε το αρχείο /etc/services στον φάκελό σας.
- 2.15 Συμπίεστε το αρχείο και βρείτε το νέο μέγεθός του.
- 2.16 Δείτε τα περιεχόμενα του φακέλου σας περιλαμβανομένων των κρυφών αρχείων.
- 2.17 Βρείτε όλα τα αρχεία του καταλόγου /usr που ανήκουν στον χρήστη lab.
- 2.18 Διαγράψτε τα αρχεία που περιέχει ο φάκελος με όνομα τον αριθμό μητρώου σας.
- 2.19 Διαγράψτε τον φάκελο tmp που δημιουργήσατε και ό,τι αυτός περιέχει.

Άσκηση 3: Επεξεργασία κειμένου, ανακατεύθυνση εντολών

Ο πιο δημοφιλής επεξεργαστής κειμένου στο UNIX είναι το vi (αρχικά για το visual). Το vi θα το βρείτε σχεδόν πάντα εγκατεστημένο σε όλες τις μορφές UNIX μιας και είναι από τους πρώτους επεξεργαστές κειμένου που δημιουργήθηκαν για αυτά τα λειτουργικά συστήματα. Δυστυχώς έχει τη φήμη του αντιπαθητικού σε όσους το δουλεύουν για πρώτη φορά, λόγω της ιδιαιτερότητάς του. Χρειάζεται συγκεκριμένους συνδυασμούς πλήκτρων για να κάνει διάφορες λειτουργίες. Έχει δύο τρόπους λειτουργίας (editing modes) όπως ονομάζονται: εισαγωγής (insertion mode), όπου μπορείτε

να εισάγετε κείμενο, και εντολών (command mode), όπου μπορείτε να μετακινηθείτε στο κείμενο ή να δώσετε εντολές. Εάν ξεκινήσετε το vi χωρίς καμία παράμετρο, ανοίγεται ένα νέο άδειο αρχείο. Αν προσπαθήσετε να γράψετε δε θα γίνει τίποτα γιατί βρίσκεστε σε λειτουργία εντολών (command mode). Παρακάτω μερικές χρήσιμες εντολές:

i	Insert before cursor
a	Append after cursor
r	Replace single character under cursor
R	Replaces multiple characters as long as you type
x	Delete (cut) character under cursor
(n)x	Delete (cut) (n) characters to the right of cursor
X	Delete (cut) character before cursor
(n)X	Delete (cut) (n) characters to the left of cursor
dd	Delete (cut) line
d(n)d	Delete (cut) (n) lines
D	Delete (cut) to end of line
yy	Copy (yank) line
y(n)y	Copy (yank) (n) lines
p	Paste after cursor
P	Paste before cursor
/(str)	Find (str) in file
n	Find next
u	Undo last change
ESC	Return to Command Mode
:wq ή :x	Save changes and exit (write, quit)
:q!	Discard changes and exit
:d	Delete line
:y	Copy line
:s /old/new/ g	Substitutes old with new throughout the line

Ranges

Στις περισσότερες εντολές που ξεκινούν με άνω-κάτω τελεία (colon) μπορείτε να ορίσετε το εύρος εφαρμογής τους, δηλαδή, να εκτελεσθούν σε μία ή περισσότερες γραμμές. Π.χ, το :3,7d θα διαγράψει τις γραμμές 3–7 ενώ το :%s θα προκαλέσει αντικατάσταση σε όλες τις γραμμές.

Δείτε <https://www.ks.uiuc.edu/Training/Tutorials/Reference/virefcard.pdf> για μια συνοπτική περιγραφή των διαθέσιμων εντολών ή εκτελέστε man vi για παραπάνω πληροφορίες.

Αντιγράψτε στον φάκελο (home directory) του χρήστη lab το αρχείο /etc/hosts. Με τον vi αντικαταστήστε στο τοπικό αρχείο όλα τα “localhost” με “ntua-lab” και κλείστε το αρχείο χωρίς να αποθηκεύσετε τις αλλαγές.

3.1 Καταγράψτε τις εντολές του vi που χρησιμοποιήσατε.

Σε πολλές περιπτώσεις θα χρειαστείτε να χρησιμοποιήσετε τους τελεστές ανακατεύθυνσης² |, > ή >> προκειμένου να οδηγήσετε την τυπική έξοδο μιας εντολής (stdout) στην τυπική είσοδο (stdin) της επόμενης εντολής, να γράψετε την έξοδο σε ένα αρχείο ή να προσθέσετε την έξοδο στο τέλος ενός

² Δείτε το https://download.boulder.ibm.com/ibmdl/pub/software/dw/aix/au-spunix_clitricks/au-spunix_clitricks-pdf.pdf για μια λεπτομερή περιγραφή των βασικών τελεστών.

αρχείου. Βρείτε τη σωστή σύνταξη των εντολών `grep`, `vi`, `ls` και `wc` για να πραγματοποιήσετε τα παρακάτω:

- 3.2 Δημιουργήστε ένα νέο αρχείο με όνομα `filelist` με περιεχόμενο την έξοδο της εντολής “`ls -l /etc`”.
- 3.3 Σβήστε την πρώτη γραμμή του νέου αρχείου `filelist` και σώστε το αποτέλεσμα. Ποιο το πλήθος γραμμών και χαρακτήρων του νέου αρχείου;
- 3.4 Ποιο είναι το νόημα της γραμμής που σβήσατε;
- 3.5 Ποια άλλη εντολή μπορείτε να χρησιμοποιήσετε για να υπολογίσετε το πλήθος γραμμών, λέξεων και χαρακτήρων του αρχείου `filelist`.
- 3.6 Πώς μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την ανακατεύθυνση ώστε να μετρήσετε το πλήθος των αρχείων του καταλόγου `/etc`, χωρίς την ενδιάμεση δημιουργία του αρχείου `filelist`;
- 3.7 Βρείτε πόσα αρχεία του καταλόγου περιέχουν το κείμενο “`rc`” στο όνομα τους.

Άσκηση 4 – Βασικές πληροφορίες συστήματος

Χρησιμοποιώντας τις εντολές `grep`, `top`, `ps`, `service`, `cat`, `uname`, `sockstat`, `iostat` και `vmstat` και τις αντίστοιχες σελίδες του `man` στο εικονικό μηχάνημα, απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις, καταγράφοντας την πλήρη σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε:

- 4.1 Βρείτε τον τύπο του επεξεργαστή όπου τρέχει το εικονικό μηχάνημα ψάχνοντας στο αρχείο `/var/run/dmesg.boot`.
- 4.2 Επαναλάβετε για το μέγεθος της μνήμης.
- 4.3 Βρείτε την έκδοση του λειτουργικού συστήματος.
- 4.4 Προσδιορίστε το πλήθος των ενεργοποιημένων υπηρεσιών του συστήματος.
- 4.5 Πώς μπορείτε να δείτε τη λίστα όλων των διεργασιών που τρέχουν στο σύστημα;
- 4.6 Πώς μπορείτε να δείτε αν τρέχει η υπηρεσία `syslogd` (System Logging Daemon);
- 4.7 Πώς μπορείτε να βρείτε τις υπηρεσίες που αναμένουν κίνηση IPv4 και τις αντίστοιχες θύρες TCP ή UDP όπου την περιμένουν;
- 4.8 Πώς μπορείτε να δείτε αν κάποια εργασία απασχολεί μεγάλο ποσοστό της επεξεργαστικής ισχύος του συστήματος;
- 4.9 Πώς μπορείτε να δείτε τη δραστηριότητα του δίσκου `ada0` ανά δευτερόλεπτο.
- 4.10 Πώς μπορείτε να δείτε τη δραστηριότητα της μνήμης (μέση και ελεύθερη) ανά δύο δευτερόλεπτα.

Άσκηση 5 – Πρόσβαση ως root

Μέσω `ssh` ή `PuTTY` από το φιλοξενούν μηχάνημα, προσπαθήστε να συνδεθείτε ως διαχειριστής (`root`) στο εικονικό σας μηχάνημα, στη διεύθυνση IPv4 που βρήκατε προηγουμένως, με το προαναφερθέν συνθηματικό. Η σύνδεση θα αποτύχει. Προσπαθήστε τώρα να εισέλθετε στο εικονικό μηχάνημα ως διαχειριστής μέσω της κονσόλας. Τώρα η προσπάθειά σας θα είναι επιτυχής. Επαναλάβετε την προσπάθεια, αλλά ως χρήστης (`lab`) όπως προηγουμένως. Η σύνδεση θα είναι επιτυχής. Αφήστε το παράθυρο εντολών ανοικτό.

- 5.1 Γιατί η πρώτη προσπάθειά σας να συνδεθείτε ως διαχειριστής (`root`) απέτυχε;

Χρησιμοποιώντας τις εντολές `cat`, `ping`, `who`, `w`, `hostname` και `su` και απαντήστε στα παρακάτω ερωτήματα καταγράφοντας την πλήρη σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε:

- 5.2 Από το παράθυρο εντολών, ως χρήστης (lab), μπορείτε να αλλάξετε το όνομα του εικονικού μηχανήματος σε “virtualmachine”; Γιατί;
- 5.3 Ως χρήστης (lab) κάντε ping στη διεύθυνση IPv4 του εξυπηρετητή DHCP στην εικονική διεπαφή VirtualBox Host-only adaptor του φιλοξενούντος μηχανήματος ορίζοντας πλήθος αιτήσεων 5 και διάστημα ενδιάμεσης παύσης 2 sec.
- 5.4 Επαναλάβετε με διάστημα ενδιάμεσης παύσης 0.1 sec. Η προσπάθεια θα αποτύχει. Γιατί;
- 5.5 Πώς θα καταφέρετε να εκτελεστούν οι προηγούμενες εντολές που απέτυχαν;
- 5.6 Χωρίς να κλείσετε το παράθυρο εντολών ssh ή PuTTY, από την κονσόλα του εικονικού μηχανήματος ως διαχειριστής βρείτε πόσοι και ποιοι χρήστες είναι συνδεδεμένοι στο σύστημα.
- 5.7 Μπορείτε να καταλάβετε αν κάποιος κοινός χρήστης που είναι συνδεδεμένος στο σύστημα έχει λάβει δικαιώματα διαχειριστή;
- 5.8 Δείτε το περιεχόμενο του αρχείου /var/log/auth.log. Ποια σχετική με το προηγούμενο ερώτημα πληροφορία εντοπίζεται;
- 5.9 Στην κονσόλα του εικονικού μηχανήματος αλλάξτε λογαριασμό από διαχειριστής σε χρήστη (lab) χωρίς να κάνετε logout. Σας ζητήθηκε ο κωδικός πρόσβασης του χρήστη “lab”; Αιτιολογήστε.

Άσκηση 6 – Μεταφορά αρχείων

Όπως είδατε προηγουμένως στην ερώτηση 4.7 στο εικονικό μηχάνημα δεν τρέχει κάποιος εξυπηρετητής FTP. Μπορείτε όμως να κάνετε μεταφορές αρχείων με το SSH File Transfer Protocol (SFTP) που λειτουργεί πάνω από μια σύνδεση πρωτοκόλλου SSH. Γι’ αυτό θα χρησιμοποιήσετε την εντολή sftp σε περιβάλλον Unix/Linux. Στα Windows θα χρησιμοποιήσετε την εντολή psftp που θα βρείτε στον φάκελο όπου έχει εγκατασταθεί το πρόγραμμα PuTTY. Εν ανάγκη, μπορείτε να το κατεβάσετε με ανώνυμο ftp από το edu-dy.cn.ntua.gr επιλέγοντας δυαδικό τρόπο μεταφοράς. Παρακάτω οι βασικές εντολές του:

ls (ή dir)	Περιεχόμενα του τρέχοντος φακέλου στο απομακρυσμένο μηχάνημα
!cmd	Εκτέλεση της εντολής cmd στο τοπικό μηχάνημα, π.χ. !dir
cd	Αλλαγή φακέλου στο απομακρυσμένο μηχάνημα
lcd	Αλλαγή φακέλου στο τοπικό μηχάνημα
pwd	Εμφάνισε τον τρέχοντα φάκελο στο απομακρυσμένο μηχάνημα
lpwd	Εμφάνισε τον τρέχοντα φάκελο στο τοπικό μηχάνημα
get	Αντιγραφή ενός αρχείου από το απομακρυσμένο στο τοπικό μηχάνημα
put	Αντιγραφή ενός αρχείου από το τοπικό στο απομακρυσμένο μηχάνημα
mget	Αντιγραφή πολλών αρχείων από το απομακρυσμένο στο τοπικό μηχάνημα
mput	Αντιγραφή πολλών αρχείων από το τοπικό στο απομακρυσμένο μηχάνημα
help	Εμφάνιση βοήθειας
help cmd	Εμφάνιση επιπλέον βοήθειας για τη χρήση της εντολής cmd
Exit ή quit	Κλείσιμο της σύνδεσης με το απομακρυσμένο μηχάνημα και έξοδος

Ανοίξτε ένα παράθυρο εντολών στον υπολογιστή σας, και χρησιμοποιήστε την εντολή `sftp` ή `psftp` για να συνδεθείτε στο εικονικό μηχάνημα. Αφού μελετήσετε προσεκτικά τις διαθέσιμες εντολές, απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις, καταγράφοντας την πλήρη σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε:

- 6.1 Αντιγράψτε τον φάκελο (home directory) του χρήστη `lab` από το εικονικό μηχάνημα σε φάκελο `tmp` κάτω από το `Downloads` του υπολογιστή σας.
- 6.2 Αντιγράψτε τα αρχεία `/etc/hosts` και `/etc/rc.conf` από το εικονικό μηχάνημα στον φάκελο `tmp` (κάτω από το `Downloads` του υπολογιστή σας).
- 6.3 Φτιάξτε στο εικονικό μηχάνημα ένα νέο φάκελο `tmp` κάτω από τον φάκελο του χρήστη `lab`.
- 6.4 Αντιγράψτε τον φάκελο `tmp` από το `Downloads` στον αντίστοιχο φάκελο `tmp` στο εικονικό μηχάνημα.
- 6.5 Διαγράψτε όλα τα αρχεία του φακέλου `tmp` στο εικονικό μηχάνημα.
- 6.6 Διαγράψτε όλα τα αρχεία υποφακέλων που τυχόν περιέχει ο φάκελος `tmp`.
- 6.7 Διαγράψτε όποιους υποφακέλους περιέχει ο φάκελος `tmp`.
- 6.8 Διαγράψτε τον φάκελο `tmp` στο εικονικό μηχάνημα
- 6.9 Αντιγράψτε τον φάκελο `/etc` από το εικονικό μηχάνημα σε φάκελο `etc` κάτω από το `Downloads` του υπολογιστή σας.
- 6.10 Γιατί η μεταφορά αυτή δεν ολοκληρώνεται;
- 6.11 Αντιγράψτε στο εικονικό μηχάνημα τον φάκελο `etc` κάτω από το `Downloads` στον φάκελο του χρήστη `lab`.
- 6.12 Μετονομάστε σε `tmp` τον φάκελο `etc` που μόλις μεταφέρατε στο εικονικό μηχάνημα.
- 6.13 Μπορείτε να διαγράψετε τα αρχεία του φακέλου `tmp`;
- 6.14 Μπορείτε να διαγράψετε τον φάκελο `tmp`; Γιατί;

Τερματίστε τη σύνδεση `SFTP` και διαγράψτε όσα αρχεία προσθέσατε στον υπολογιστή σας και τον φάκελο `tmp` στο εικονικό μηχάνημα.