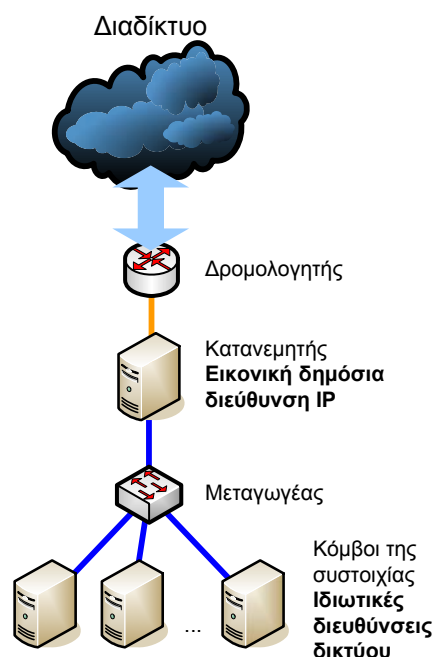


Θέματα διπλωματικών εργασιών σε συστοιχίες παράλληλης εξυπηρέτησης εφαρμογών Διαδικτύου

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο – Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Μηχανικών Υπολογιστών – Τομέας Τεχνολογίας Πληροφορικής και
Υπολογιστών - Εργαστήριο Υπολογιστικών Συστημάτων

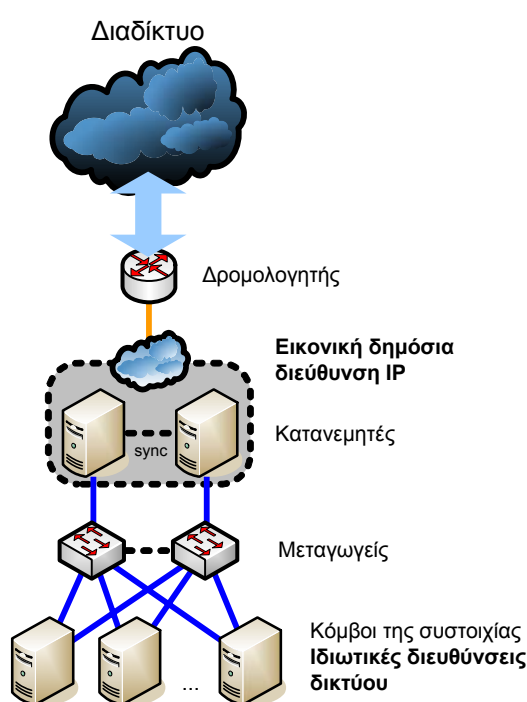
Συνήθως όταν αναφερόμαστε σε *συστοιχίες υπολογιστικών συστημάτων*, εννοούμε μια ειδική ομάδα διατάξεων, οι οποίες και χρησιμοποιούνται κυρίως για την υποστήριξη πολύπλοκων επιστημονικών εφαρμογών. Γενικότερα όμως, μπορούμε να ομαδοποιήσουμε υπολογιστές για την επίλυση οποιουδήποτε προβλήματος. Αρκεί το κάθε μέλος της ομάδας να προσφέρει τους πόρους του και να βοηθά εξίσου τους υπόλοιπους για την επίτευξη του κοινού στόχου. Με τη συνεχή πτώση των τιμών και την αντιστρόφως ανάλογη αύξηση των δυνατοτήτων που παρουσιάζουν οι κοινοί «προσωπικοί υπολογιστές» τα τελευταία χρόνια, γίνεται συνεχώς ευκολότερη και πιο προσιτή η ομαδοποίηση πολλαπλών όμοιων συστημάτων σε συστοιχίες. Βέβαια για να έχει νόημα να χρησιμοποιηθεί μια συστοιχία υπολογιστών, θα πρέπει η εφαρμογή για την οποία προορίζεται να έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν σήμερα οι ανάγκες που παρουσιάζονται κατά την υλοποίηση συστημάτων για την εξυπηρέτηση διάφορων εφαρμογών που σχετίζονται με το Διαδίκτυο – όπως για παράδειγμα εξυπηρετητές Παγκόσμιου Ιστού, Ηλεκτρονικού Ταχυδρομείου, κτλ. Αυτές οι εφαρμογές είναι ιδανικές για τη χρήση συστοιχιών. Ένα σύστημα εξυπηρέτησης ιστοσελίδων μπορεί να χρειάζεται να απαντά σε εκατοντάδες ή και χιλιάδες αιτήσεις το δευτερόλεπτο – διαδικασία που μπορεί να έχει μεγάλες απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ, ειδικότερα όταν οι σελίδες είναι «δυναμικές», περιέχουν δηλαδή κώδικα που μεταγλωττίζεται και εκτελείται για να δημιουργηθεί μια διαφορετική απάντηση για κάθε εισερχόμενη αίτηση. Επίσης, τέτοιες εφαρμογές έχουν συνήθως και απαιτήσεις *υψηλής διαθεσιμότητας*. Επειδή ουσιαστικά αποτελούν τεχνολογικές υποδομές υπηρεσιών οι οποίες είναι σημαντικό να διατίθενται σε καθημερινή βάση, όλες τις ώρες της ημέρας, χρειάζεται να εξασφαλιστεί κάπως ότι οποιαδήποτε δυσλειτουργία υλικού ή λογισμικού δεν θα επηρεάζει τη διαθεσιμότητα της υπηρεσίας.

Στο σχήμα απεικονίζεται το παράδειγμα μιας συστοιχίας που χρησιμοποιείται για την ομαλή κατανομή του φόρτου εξυπηρέτησης ιστοσελίδων. Οι αιτήσεις από το Διαδίκτυο φαίνεται ότι εξυπηρετούνται από ένα μηχάνημα – τον κατανεμητή, που διατηρεί και την δημόσια διεύθυνση IP της συστοιχίας εξυπηρέτησης – στην ουσία όμως το μηχάνημα αυτό δεν απαντά το ίδιο, αλλά αναλαμβάνει την προώθηση των συνδέσεων σε μια συστοιχία



εξυπηρετητών ιστοσελίδων. Κάθε κόμβος της συστοιχίας εκτελεί το λογισμικό εξυπηρέτησης και στέλνει την απάντηση του πίσω στο Διαδίκτυο μέσω του κατανεμητή. Αν κάποιος κόμβος σταματήσει να λειτουργεί, ενημερώνεται αυτόματα ο κατανεμητής και σταματά να τον χρησιμοποιεί.

Το απλό αυτό σενάριο ήδη έχει πολλά προβλήματα. Για παράδειγμα δεν υπάρχει ουσιαστική υψηλή διαθεσιμότητα. Ενώ λαμβάνονται υπόψη δυσλειτουργίες στο επίπεδο των κόμβων της συστοιχίας, δεν γίνεται λόγος για πρακτικές αντιμετώπισης σφαλμάτων στον κατανεμητή, τον μεταγωγέα ή τη σύνδεση του συστήματος με το Διαδίκτυο. Έτσι, αναγκάζομαστε να καταφύγουμε σε ακόμα πιο πολύπλοκες δομές, όπως αυτή που φαίνεται παρακάτω, όπου τη διαχείριση της συστοιχίας εξυπηρέτησης και τη διασύνδεση των επιμέρους μηχανημάτων αναλαμβάνουν αντίστοιχα ένα ζεύγος κατανεμητών και ένα μεταγωγέων. Οι τεχνικές με τις οποίες μπορεί να εξασφαλιστεί η υψηλή διαθεσιμότητα στο επίπεδο της σύνδεσης του συστήματος με το Διαδίκτυο ξεφεύγει από το σκοπό αυτής της παρουσίασης.



Οι δύο μεταγωγείς στο σχήμα είναι έτσι κατασκευασμένοι, ώστε με μια ειδική σύνδεση μεταξύ τους να παρουσιάζονται ως μία λογική οντότητα στο επίπεδο της δικτυακής υποδομής του συνολικού συστήματος. Όταν και οι δύο λειτουργούν κανονικά, οι διπλές συνδέσεις από τους κόμβους της συστοιχίας προς τους κατανεμητές χρησιμοποιούνται εξίσου. Αν ένας από τους δύο αποτύχει, η κίνηση μέσω του άλλου θα συνεχίζεται κανονικά, έστω και αν πρακτικά η ταχύτητα μετάδοσης πέσει στο μισό της αρχικής. Οι κατασκευαστές προϊόντων δικτύωσης έχουν προτυποποιήσει τις αντίστοιχες τεχνολογίες και πρωτόκολλα που απαιτούνται για τέτοιου είδους διασυνδέσεις και μοντέλα μεταγωγέων που υποστηρίζουν διπλές συνδέσεις για μεγαλύτερη χωρητικότητα και υψηλή

διαθεσιμότητα κυκλοφορούν ήδη ευρέως στην αγορά. Μάλιστα οι περισσότερες υλοποιήσεις αντίστοιχων μεταγωγέων χρησιμοποιούν ειδικευμένο υλικό που ενσωματώνει τις λειτουργίες και τα πρωτόκολλα που απαιτούνται.

Από την άλλη μεριά, η ομαδοποίηση δύο κατανεμητών με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζουν μια μικρότερη «συστοιχία» εξυπηρέτησης, γίνεται σε επίπεδο λογισμικού και οι λύσεις που προσφέρονται ποικίλουν. Σε γενικές γραμμές κάθε κατασκευαστής λογισμικού χρησιμοποιεί δύο τεχνικές για την ομαδοποίηση μηχανημάτων σε μια λογική μονάδα εξυπηρέτησης. Αφενός μεν *απαιτείται ένα σύστημα ώστε όλες οι μονάδες να εμφανίζονται ως μία στο επίπεδο του δικτύου* – να μοιράζονται δηλαδή μια κοινή εικονική διεύθυνση δικτύου, οι κλήσεις στην οποία να ισοκατανέμονται μεταξύ των κόμβων της συστοιχίας – αφετέρου δε *απαιτείται μια τεχνική ώστε τα προγράμματα που τρέχουν στους κόμβους να συγχρονίζονται μεταξύ τους* – να ανταλλάσσουν δηλαδή πληροφορίες για την εσωτερική τους κατάσταση, ώστε να μπορεί οποιαδήποτε αίτηση να δημιουργεί πρακτικά το ίδιο αποτέλεσμα

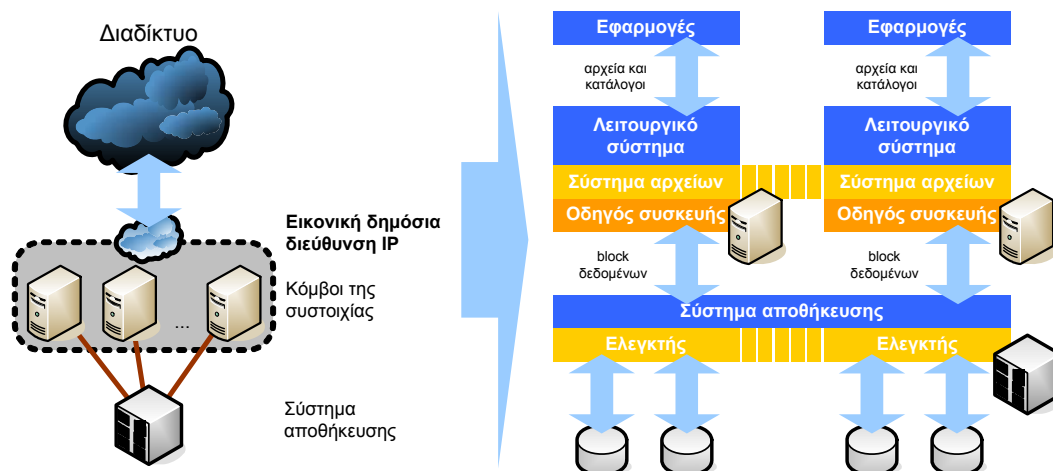
ανεξαρτήτως του κόμβου και του προγράμματος που αναλαμβάνει την εξυπηρέτησή της.

Στη περίπτωση των κατανεμητών οι δύο αυτές λειτουργίες πρέπει να γίνουν από τα ίδια τα συστήματα. Η κοινή εικονική διεύθυνση δικτύου δημιουργείται στο επίπεδο του λειτουργικού συστήματος με ειδικές προσθήκες στο υποσύστημα διαχείρισης δικτύου, ενώ ο συγχρονισμός των προγραμμάτων κατανομής πραγματοποιείται μέσω κάποιου ειδικού πρωτοκόλλου που είναι φτιαγμένο ειδικά για το σκοπό αυτό από τον κατασκευαστή του αντίστοιχου λογισμικού. Μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι και στο επίπεδο των εξυπηρετητών ιστοσελίδων τελικά υλοποιούνται οι ίδιες τεχνικές, αλλά με τη βοήθεια και υποστήριξη των κατανεμητών. Οι κατανεμητές είναι αυτοί που αναλαμβάνουν την ομαδοποίηση του συνόλου των κόμβων της συστοιχίας κάτω από μία ενιαία εικονική διεύθυνση Διαδικτύου, ενώ παράλληλα παρακολουθούν τη κατάσταση των συστημάτων εξυπηρέτησης και προωθούν τις αιτήσεις ανάλογα με τις δυνατότητες του κάθε μηχανήματος τη κάθε στιγμή. Ο συγχρονισμός των εξυπηρετητών ιστοσελίδων γίνεται στο επίπεδο των δεδομένων που καλούνται να παρουσιάσουν – τις ιστοσελίδες. Για να μπορούμε να ισχυριζόμαστε ότι η εξυπηρέτηση ιστοσελίδων γίνεται κατανεμημένα, πρέπει να διασφαλίσουμε τη συνέπεια του περιεχομένου των ιστοσελίδων ανεξάρτητα από τον κόμβο της συστοιχίας που καταλήγει η εκάστοτε αίτηση. Σε απλά σενάρια, όπου οι κόμβοι εξυπηρέτησης δεν είναι πολλοί στον αριθμό και τα αντίστοιχα αρχεία που προσφέρουν δεν αλλάζουν συχνά, μπορεί απλά να χρησιμοποιηθεί ένας μηχανισμός συγχρονισμού δεδομένων στο επίπεδο του συστήματος αρχείων του κάθε μηχανήματος. Μια τεχνική που ακολουθείται συχνά είναι η χειροκίνητη πυροδότηση της διαδικασίας συγχρονισμού από τον διαχειριστή του συστήματος μετά από κάθε αλλαγή στο περιεχόμενο των ιστοσελίδων.

Σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις όμως και όταν είναι απαραίτητη η αυτοματοποίηση της διαδικασίας συγχρονισμού των εξυπηρετητών, απαιτείται η ύπαρξη ενός ενιαίου συστήματος αποθήκευσης μεταξύ των κόμβων της συστοιχίας. Το σύστημα αποθήκευσης ως λογική οντότητα, εξασφαλίζει την συνέπεια των δεδομένων ανεξαρτήτως του κόμβου από όπου γίνονται προσβάσεις, ενώ ταυτόχρονα διασφαλίζει εσωτερικά την ακεραιότητα και διαθεσιμότητά τους ανεξάρτητα από τις λειτουργίες που επιτελούνται σε αυτά και την κατάσταση των εξυπηρετητών που συνδέονται στον ενιαίο αποθηκευτικό χώρο. Για την επίτευξη των παραπάνω χρησιμοποιούνται ειδικές τεχνικές και τεχνολογίες οι οποίες και πάλι θυμίζουν το γενικότερο παράδειγμα της συστοιχίας. Μπορούμε δηλαδή να φανταστούμε το σύστημα αποθήκευσης ως μια νέα συστοιχία, η οποία *παρουσιάζεται με έναν ενιαίο τρόπο στο επίπεδο των εξυπηρετητών και χρησιμοποιεί ειδικούς μηχανισμούς συγχρονισμού* για την διατήρηση της συνέπειας και της υψηλής διαθεσιμότητας των δεδομένων.

Τέτοια συστήματα αποθήκευσης κυκλοφορούν ευρέως σήμερα στην αγορά. Μάλιστα, μια πιο προσεκτική ματιά στο εσωτερικό τους – στο τρόπο λειτουργίας τους, φανερώνει ότι τελικά όχι μόνο ακολουθούν το παράδειγμα της συστοιχίας, αλλά χρησιμοποιούν δύο επίπεδα αφαίρεσης. Σε πρώτο επίπεδο ομαδοποιείται ο πραγματικός αποθηκευτικός χώρος, όπως αυτός προσφέρεται από τα μαγνητικά μέσα αποθήκευσης, ενώ επί του ενιαίου αποθηκευτικού χώρου χτίζεται από το λογισμικό των εξυπηρετητών που τον μοιράζονται, η έννοια του κοινού, κατανεμημένου συστήματος αρχείων. Έτσι, πρακτικά έχουμε μια *συστοιχία αποθήκευσης* στην οποία ενσωματώνονται πολλαπλοί σκληροί δίσκοι επί πολλαπλών ελεγκτών, οι οποίοι τελικά φαίνονται ως ένας – με τη δυνατότητα προαιρετικά να είναι δυνατή η ανάνηψη από δυσλειτουργίες οποιουδήποτε μεμονωμένου δίσκου – και μια *συστοιχία αρχείων* ή αλλιώς ένα *κατανεμημένο σύστημα αρχείων*, όπου

αρχεία που τελικά μπορεί να αποθηκεύονται σε διάφορα σημεία εμφανίζονται ως ένα συνεπές σύνολο με ενιαία ονοματολογία.



Στο παραπάνω σχήμα φαίνονται αναλυτικά τα δύο στάδια αφαίρεσης. Οι εφαρμογές ζητούν από το λειτουργικό σύστημα αρχεία, τα οποία προσφέρονται από το κατακευματισμένο σύστημα αρχείων. Το σύστημα αρχείων φροντίζει με τους κατάλληλους μηχανισμούς επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων της συστοιχίας εξυπηρέτησης να διατηρεί τη συνέπεια των συμβολισμών του ανώτερου επιπέδου, ενώ παράλληλα διαχειρίζεται τον αποθηκευτικό χώρο, που του προσφέρεται ως ένα ενιαίο σύνολο από τους ελεγκτές της συστοιχίας αποθήκευσης. Οι ελεγκτές μπορεί να ενσωματώνουν πολλαπλά μαγνητικά μέσα, αλλά τελικά εμφανίζουν έναν ομοιόμορφο χώρο αποθήκευσης, ταυτόχρονα και σε όσους κόμβους χρειάζεται. Το λογισμικό που τηρεί το κατακευματισμένο σύστημα αρχείων εκτελείται από το λειτουργικό σύστημα του κάθε κόμβου, ενώ οι προσπελάσεις στη συστοιχία αποθήκευσης γίνονται σε επίπεδο block δεδομένων, μέσω του οδηγού συσκευής που αναλαμβάνει τις λεπτομέρειες επικοινωνίας με τον αντίστοιχο ελεγκτή.

Η περιγραφή αυτή μπορεί να συνοψίζει τη γενικότερη εικόνα, αλλά κάθε υλοποίηση τελικά διαφοροποιείται σε συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά. Σημαντικός παράγοντας κάθε φορά είναι το κόστος κατασκευής ενός παράλληλου συστήματος αποθήκευσης ικανό να υποστηρίξει τις ανάγκες μιας συστοιχίας εξυπηρέτησης ιστοσελίδων. Δυστυχώς η αγορά δεν προσφέρει ακόμη επαρκείς λύσεις σε αυτό το επίπεδο, οι οποίες να αποτελούνται από κοινότυπα υποσυστήματα χαμηλού κόστους. Έτσι – ενώ δεν είναι αδύνατο – δεν είναι εύκολο να υλοποιηθεί μια τέτοια αρχιτεκτονική από κοινούς σκληρούς δίσκους που συναντάμε καθημερινά στο εσωτερικό προσωπικών υπολογιστών. Αφενός δεν έχει οριστεί σαφώς η μεθοδολογία κατασκευής τέτοιων διατάξεων και αφετέρου δεν έχει γίνει η κατάλληλη μελέτη και οι απαραίτητες δοκιμές, ώστε να υπάρχουν στοιχεία για την αξιοπιστία και την αποτελεσματικότητά τους.

Στο Εργαστήριο Υπολογιστικών Συστημάτων γίνεται διαρκής έρευνα στο συγκεκριμένο τομέα. Στόχος είναι η υλοποίηση συστοιχιών εξυπηρέτησης Διαδικτυακών εφαρμογών που θα υποστηρίζουν σε πραγματικό χρόνο λειτουργίες κατανομής φόρτου και υψηλής διαθεσιμότητας. Για αυτό το λόγο απαιτείται συνεχής έρευνα και αξιολόγηση των τεχνολογιών και μεθόδων που χρησιμοποιούνται σήμερα και η μελέτη και κατασκευή ειδικών λογισμικών και αρχιτεκτονικών δικτύου οι οποίες να είναι σε θέση να καλύψουν τις ιδιαίτερες ανάγκες που παρουσιάζονται σε αυτού του είδους τα συστήματα.

Στα πλαίσια της διπλωματικής του εργασίας όποιος φοιτητής επιθυμεί μπορεί να ασχοληθεί με ένα από τα παρακάτω θέματα:

- Μελέτη και αξιολόγηση τεχνικών παράλληλης επεξεργασίας για προηγμένους εξυπηρετητές ιστοσελίδων. Ζητείται η αναλυτική καταγραφή των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία συστοιχιών εξυπηρετητών ιστοσελίδων και των αρχιτεκτονικών δικτύου που μπορεί να σχηματίζουν τα διάφορα υποσυστήματα της συστοιχίας. Επίσης θα πρέπει να υλοποιηθούν και να αξιολογηθούν ορισμένα χαρακτηριστικά σενάρια (βασισμένα κυρίως στο λογισμικό που παρέχεται δωρεάν για το Linux – Linux Virtual Server).
- Μελέτη και αξιολόγηση κατανεμημένων συστημάτων αρχείων. Ζητείται η αναλυτική παρουσίαση διαφόρων κατανεμημένων συστημάτων αρχείων (όπως για παράδειγμα τα GFS, GPFS, PVFS, Lustre, κ.ά.) και των τεχνικών που χρησιμοποιούν. Θα πρέπει επίσης να μελετηθούν και στη πράξη, κάτω από διαφορετικές συνθήκες φόρτου και κλιμάκωσης.
- Μελέτη και αξιολόγηση συστοιχιών δίσκων για υψηλή απόδοση ή/και διαθεσιμότητα. Ζητείται η μελέτη τεχνικών τύπου RAID, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την ενσωμάτωση πολλαπλών δίσκων σε συστοιχίες που μπορεί να προσφέρουν υψηλή απόδοση, υψηλή διαθεσιμότητα ή και τα δύο. Θα πρέπει να αναλυθούν οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται τόσο σε υλοποιήσεις λογισμικού όσο και σε αντίστοιχες που γίνονται σε επίπεδο υλικού. Ακόμα, ζητείται να παρουσιαστούν πρακτικά αποτελέσματα μετρήσεων από συστοιχίες δίσκων, οι οποίοι με τη σειρά τους μπορεί να διατίθενται σε ένα ή περισσότερα μηχανήματα (συστοιχίες δίσκων μέσω δικτύου).
- Σχεδιασμός και κατασκευή διαμοιραζόμενης συσκευής RAID. Ζητείται η κατασκευή ενός οδηγού συσκευής για τον πυρήνα του λειτουργικού συστήματος Linux (ή εναλλακτικά του OpenBSD), ο οποίος θα εμφανίζει με ενιαίο τρόπο μια κοινή διαμοιραζόμενη εικονική συστοιχία δίσκων μεταξύ διαφόρων υπολογιστικών κόμβων. Έτσι θα είναι δυνατό να ενσωματώνονται για παράδειγμα οι τοπικοί δίσκοι διαφόρων μηχανημάτων σε μία ενιαία συστοιχία και η συστοιχία αυτή να φαίνεται με τον ίδιο τρόπο από όλα τα μηχανήματα χωριστά. Ουσιαστικά ζητείται να κατασκευαστεί ένας κατανεμημένος ελεγκτής RAID σε επίπεδο οδηγού συσκευής στο λειτουργικό σύστημα.
- Σχεδιασμός και κατασκευή συστήματος διαμοιρασμού συσκευών block μέσω TCP/IP. Ζητείται η κατασκευή ενός συστήματος διαμοιρασμού μιας συσκευής block από ένα σε πολλαπλά συστήματα μέσω δικτύου. Η μετάδοση δεδομένων και εντολών που προορίζονται για την απομακρυσμένη συσκευή block θα πρέπει να γίνεται με ασφάλεια και ταχύτητα. Ως εκ τούτου, ζητείται να αξιολογηθούν διάφορες τεχνικές κρυπτογράφησης ή/και συμπίεσης δεδομένων κατά τη μετάδοση. Ανάλογοι οδηγοί συσκευών υπάρχουν ήδη για το λειτουργικό σύστημα Linux (NBD, ENBD, GNBD, κ.ά.), αλλά καμία υλοποίηση δεν προσφέρει αντίστοιχα χαρακτηριστικά. Πρακτικά θα πρέπει να κατασκευαστεί ένας οδηγός συσκευής για Linux (ή εναλλακτικά OpenBSD) που να διαθέτει τη συσκευή block μέσω δικτύου και ένας που θα χρησιμοποιείται σε όσα συστήματα επιθυμούν να προσπελάσουν την απομακρυσμένη συσκευή.
- Σχεδιασμός και κατασκευή οδηγού συσκευής Firewall που θα επιτρέπει την ταυτόχρονη προσπέλαση πολλαπλών κόμβων στον ίδιο δίσκο. Υπάρχει ήδη για το λειτουργικό σύστημα Linux οδηγός συσκευής που επιτρέπει σε δύο ή περισσότερους κόμβους να μοιράζονται ένα δίσκο Firewall σε επίπεδο block. Ζητείται η μελέτη του συγκεκριμένου οδηγού, η μεταφορά του στο λειτουργικό σύστημα OpenBSD και η αξιολόγησή του είτε στο Linux, είτε στο

OpenBSD με διαφορετικά καταναμημένα συστήματα αρχείων, υπό διαφορετικές συνθήκες φόρτου και κλιμάκωσης κτλ.

- Σχεδιασμός και κατασκευή καταναμημένου συστήματος αρχείων. Ζητείται η κατασκευή ενός απλού καταναμημένου συστήματος αρχείων για το λειτουργικό σύστημα Linux (ή εναλλακτικά το OpenBSD). Ουσιαστικά απαιτείται η μελέτη ενός υπάρχοντος καταναμημένου συστήματος αρχείων, η αναγνώριση των βασικών προβλημάτων που πρέπει να αντιμετωπιστούν και η υλοποίηση απλών μηχανισμών για την υλοποίηση ενός αντίστοιχου λογισμικού για εκπαιδευτικό λόγο.
- Μεταφορά καταναμημένου συστήματος αρχείων από ένα λειτουργικό σύστημα σε ένα άλλο. Υπάρχουν συγκεκριμένα καταναμημένα συστήματα αρχείων που διατίθενται δωρεάν με τον πηγαίο τους κώδικα για το λειτουργικό σύστημα Linux. Ζητείται η μελέτη ενός και η μεταφορά του στο λειτουργικό σύστημα OpenBSD, NetBSD ή FreeBSD για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Στο δωμάτιο εξοπλισμού του εργαστηρίου υπάρχουν όλες οι απαραίτητες υποδομές ώστε ο φοιτητής που θα επιλέξει κάποιες από τις παραπάνω εργασίες να έχει τη δυνατότητα να έρθει σε άμεση επαφή με τις αντίστοιχες τεχνολογίες. Απαραίτητο κρίνεται κάθε υποψήφιος να είναι εξοικειωμένος με έννοιες λειτουργικών συστημάτων και δικτύων, όπως αυτές παρουσιάζονται στα βασικά και προχωρημένα μαθήματα επιλογής της σχολής.

Για περισσότερες πληροφορίες επικοινωνήστε με τον επίκουρο καθηγητή κ. Κοζύρη (γραφείο 21.7) ή τους υποψήφιους διδάκτορες Αντώνη Χαζάπη, Βαγγέλη Κούκη και Κορνήλιο Κούρτη (γραφείο 21.34 Α)