



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

Τμήμα Πληροφορικής

ΕΠΛ 421 - Προγραμματισμός Συστημάτων

ΑΣΚΗΣΗ 4 – Ανάπτυξη Πολυνηματικού Εξυπηρετητή Μηνυμάτων Ηλεκτρονικού Ταχυδρομείου (ΜΗΤ) για το Πρωτόκολλο POP3

Διδάσκων: Δημήτρης Ζεϊναλιπούρ

Υπεύθυνος Εργαστηρίου: Πάυλος Αντωνίου

Ημερομηνία Ανάθεσης: Τετάρτη 31/03/21

Ημερομηνία Παράδοσης: Παρασκευή 16/04/21 και ώρα 12:00 (16 μέρες)

(να παραδοθεί ηλεκτρονικά μέσω της Πλατφόρμας Τηλεκπαίδευσης Moodle)

I. Στόχος Άσκησης

Στόχος αυτής της εργασίας είναι η εξοικείωση με προχωρημένες τεχνικές προγραμματισμού διεργασιών, δια-διεργασιακής επικοινωνίας μέσω υποδοχών TCP/IP και πολυνηματικών εφαρμογών στη γλώσσα C. Ένας δεύτερος στόχος είναι να σας δοθεί η ευκαιρία να δουλέψετε ομαδικά για να υλοποιήσετε ένα ολοκληρωμένο σύστημα το οποίο θα κριθεί βάση της *ορθότητας και της δομής του*.

II. Περιγραφή

Αντικείμενο της άσκησης είναι να αναπτύξετε ένα «πολυνηματικό» εξυπηρετητή μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (mail server) για το πρωτόκολλο POP3, ο οποίος θα υποστηρίζει ένα βασικό υποσύνολο των εντολών του πρωτοκόλλου. Η λειτουργία του πρωτοκόλλου POP3 περιγράφεται στο τεχνικό άρθρο Request For Comments 1939: <http://tools.ietf.org/html/rfc1939>.

Για τις ανάγκες της άσκησης, πρέπει να μπορείτε να χειριστείτε τις εντολές **USER** και **PASS** [RFC1939/§7], καθώς και τις εντολές **STAT**, **LIST**, **RETR** και **DELE** [RFC1939/§5]. Αν δοθεί κάποια διαφορετική εντολή από τον πελάτη, τότε ο εξυπηρετητής πρέπει να απαντά με κάποιο αρνητικό δείκτη κατάστασης όπως θα περιγραφεί πιο κάτω.

Αρχικά, ο εξυπηρετητής POP3 ξεκινά δημιουργώντας ένα TCP socket στη θύρα 110. Όταν πελάτης POP3 (π.χ. Microsoft Outlook, Mozilla Thunderbird, κτλ.) επιθυμεί να κάνει χρήση της υπηρεσίας POP3, δημιουργεί μια σύνδεση TCP με τον εξυπηρετητή POP3. Όταν θα εγκαθιδρυθεί η σύνδεση, ο εξυπηρετητής POP3 στέλνει ένα χαιρετισμό (ο οποίος θα περιγραφεί στη συνέχεια). Στη συνέχεια, ο πελάτης και ο εξυπηρετητής POP3 ανταλλάζουν εντολές και απαντήσεις (αντίστοιχα) μέχρι να κλείσει ή να διακοπεί η σύνδεση.

Οι εντολές POP3 αποτελούνται από μια case-insensitive λέξη-κλειδί (command), πιθανώς ακολουθούμενη από ένα ή περισσότερα ορίσματα (arguments). Όλες οι εντολές τερματίζονται από την ακολουθία “\r\n”, δηλαδή από δυο χαρακτήρες, τον “\r” (Carriage Return) με ASCII κωδικό 13 και τον “\n” (Line feed) με ASCII κωδικό 10. Μπορείτε να το δείτε και γραμμένο σαν CRLF. Οι λέξεις-κλειδιά και τα ορίσματα αποτελούνται από εκτυπώσιμους ASCII χαρακτήρες και διαχωρίζονται μεταξύ τους από ένα μόνο SPACE

χαρακτήρα. Οι λέξεις-κλειδιά αποτελούνται από τρεις ή τέσσερις χαρακτήρες. Κάθε όρισμα μπορεί να είναι μέχρι 40 χαρακτήρες.

Οι απαντήσεις στο πρωτόκολλο POP3 αποτελούνται από μια ένδειξη της τρέχουσας κατάστασης (που δίδεται πιο κάτω) και μια λέξη-κλειδί η οποία ακολουθείται ενδεχομένως από συμπληρωματικές πληροφορίες. Όλες οι απαντήσεις τερματίζονται από το CRLF. Οι απαντήσεις μπορεί να έχουν μέγεθος το πολύ μέχρι 512 χαρακτήρες, συμπεριλαμβανομένου του τερματισμού CRLF. Στην παρούσα φάση υπάρχουν δύο δείκτες κατάστασης (status indicators): θετικό ("OK") και αρνητικό ("-ERR"). Ο εξυπηρετητής ΠΡΕΠΕΙ να στέλνει το "+OK" και "-ERR" με κεφαλαία.

Οι απαντήσεις σε ορισμένες εντολές μπορεί να περιέχουν πολλαπλές γραμμές. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι οποίες αναφέρονται σαφώς πιο κάτω, μετά την αποστολή της πρώτης γραμμής της απάντησης και του CRLF, κάθε επιπρόσθετη γραμμή τελειώνει με το CRLF. Όταν έχουν σταλεί όλες οι γραμμές της απάντησης, αποστέλλεται η τελική γραμμή που αποτελείται από μια τελεία "." (οκτάδα τερματισμού/termination octet) και το CRLF. Εάν οποιαδήποτε γραμμή της απάντησης ξεκινά με το termination octet, η γραμμή γίνεται "byte-stuffed", δηλαδή ο εξυπηρετητής βάζει μπροστά από τη γραμμή ακόμα ένα termination octet (τελεία). Όταν εξετάζεται μια απάντηση πολλαπλών γραμμών, ο πελάτης ελέγχει αν η γραμμή ξεκινά με το termination octet (τελεία). Αν ναι, και αυτή ακολουθείται από άλλους χαρακτήρες εκτός από το CRLF, τότε αφαιρείται το termination octet. Αν η γραμμή ξεκινά με το termination octet και ακολουθεί το CRLF τότε θεωρείται ότι είναι το τέλος της απάντησης του εξυπηρετητή. Η γραμμή που περιέχει το ".CRLF" δε θεωρείται μέρος της απάντησης του εξυπηρετητή.

Μια σύννοδος (session) POP3 κατά τη διάρκεια της ζωής περνά από ένα σύνολο καταστάσεων. Μόλις ανοίξει η σύνδεση TCP και ο εξυπηρετητής στείλει τον αρχικό χαιρετισμό, η σύννοδος εισέρχεται στην κατάσταση AUTHORIZATION. Σε αυτή την κατάσταση, ο πελάτης οφείλει να προσδιορίσει την ταυτότητα του (κωδικό/συνθηματικό) στον εξυπηρετητή. Μόλις ο πελάτης προσδιορίσει επιτυχώς τη ταυτότητά του, ο εξυπηρετητής κλειδώνει τους πόρους που σχετίζονται με το mailbox του πελάτη (στην περίπτωση μας ένας κατάλογος που θα θεωρείτε το INBOX του πελάτη), και η σύννοδος εισέρχεται στην κατάσταση TRANSACTION. Σε αυτή την κατάσταση, ο πελάτης μπορεί να στείλει εντολές στον εξυπηρετητή. Όταν ο πελάτης στείλει την εντολή "QUIT", η σύννοδος μπαίνει στην κατάσταση UPDATE. Στην κατάσταση αυτή, ο εξυπηρετητής απελευθερώνει τους πόρους που κλειδώθηκαν κατά τη διάρκεια της κατάστασης TRANSACTION και κλείνει τη σύνδεση TCP.

Ένας εξυπηρετητής POP3 ΠΡΕΠΕΙ να απαντά σε εντολές που στέλνονται από τον πελάτη οι οποίες είτε δεν αναγνωρίζονται, ή δεν είναι υλοποιημένες, ή είναι λάθος συντακτικά. Σε οποιαδήποτε από τις περιπτώσεις αυτές, ο εξυπηρετητής πρέπει να απαντά με τον αρνητικό δείκτη κατάστασης "-ERR". Ένας εξυπηρετητής POP3 ΠΡΕΠΕΙ να ανταποκρίνεται σε μια εντολή που στάληκε σε φάση που η σύννοδος είναι σε λάθος κατάσταση απαντώντας με τον αρνητικό δείκτη κατάστασης "-ERR".

Ο εξυπηρετητής που θα υλοποιήσετε θα πρέπει να έχει χρονοδιακόπτη αυτόματης διακοπής σύνδεσης εφόσον ο πελάτης παραμείνει αδρανής για κάποιο διάστημα (π.χ., 1 λεπτό). Αν μέσα στο χρόνο αυτό ο πελάτης αποστείλει κάποια εντολή τότε ο χρονοδιακόπτης θα μηδενίζεται. Όταν ο χρονοδιακόπτης λήξει, η σύννοδος ΔΕΝ θα εισέρχεται σε κατάσταση UPDATE και ο εξυπηρετητής θα πρέπει να τερματίζει τη σύνδεση TCP χωρίς να αποστέλλει οποιαδήποτε απάντηση προς τον πελάτη.

Κατάσταση AUTHORIZATION

Μόλις εγκαθιδρυθεί μια TCP σύνδεση από έναν πελάτη, ο εξυπηρετητής POP3 στέλνει ένα χαιρετισμό της μορφής:

S: + OK POP3 server ready

Στη φάση αυτή η σύνοδος POP3 εισέρχεται στην κατάσταση AUTHORIZATION. Ο πελάτης πρέπει να προσδιορίσει την ταυτότητά του στον εξυπηρετητή POP3. Στην παρούσα άσκηση αυτό θα γίνεται με χρήση του συνδυασμού εντολών USER και PASS. Μόλις ο εξυπηρετητής POP3 προσδιορίσει την ταυτότητα του πελάτη αποκτά αποκλειστική πρόσβαση στο mailbox του πελάτη και απαντά με τον θετικό δείκτη κατάστασης "+OK". Στα πλαίσια της άσκησης αυτής θεωρείστε ότι το mailbox κάθε πελάτη θα είναι ένας κατάλογος που (με τον κωδικό του πελάτη) που θα περιέχει μέσα τα μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου του πελάτη σε μορφή αρχείων text.

Στη φάση αυτή η σύνοδος μπαίνει στην κατάσταση TRANSACTION. Εάν για κάποιο λόγο το mailbox δεν μπορεί να ανοίξει ο εξυπηρετητής POP3 θα ανταποκρίνεται με αρνητική δείκτη κατάστασης και θα κλείνει τη σύνδεση. Οι δύο εντολές USER και PASS συντάσσονται όπως φαίνεται πιο κάτω:

USER name

Όρισμα: τον κωδικό (username) που να προσδιορίζει το mailbox (υποχρεωτικό)

Περιορισμοί: μπορεί να δίνεται από τον πελάτη μόνο στην κατάσταση AUTHORIZATION μετά τον χαιρετισμό ή μετά από μια ανεπιτυχή εντολή USER ή PASS.

Πιθανές απαντήσεις:

+OK *name* is a valid mailbox

-ERR never heard of mailbox *name*

Παραδείγματα:

C: USER frated

S: -ERR never heard of mailbox frated

...

C: USER mrose

S: +OK mrose is a valid mailbox

PASS string

Όρισμα: το συνθηματικό (password) του χρήστη (υποχρεωτικό)

Περιορισμοί: μπορεί να δίνεται από τον πελάτη μόνο στην κατάσταση AUTHORIZATION μετά την εντολή USER.

Πιθανές απαντήσεις:

+OK maildrop locked and ready

-ERR invalid password

Παραδείγματα:

C: USER mrose

S: +OK mrose is a valid mailbox

C: PASS secret

S: -ERR invalid password

...

C: USER mrose

S: +OK mrose is a valid mailbox

C: PASS secret

S: +OK maildrop locked and ready

Όταν ο εξυπηρετητής ανοίξει το mailbox του πελάτη θα αναθέτει ένα μοναδικό αριθμό σε κάθε μήνυμα που είναι αποθηκευμένο και θα σημειώνει το μέγεθος του κάθε μηνύματος σε οκτάδες (bytes). Το πρώτο μήνυμα μέσα στο mailbox θα έχει τον αριθμό 1, το δεύτερο το 2

και ούτω καθ'εξής. Σε όλες τις εντολές και απαντήσεις του πρωτοκόλλου POP3, οι αριθμοί των μηνυμάτων και το μέγεθός τους εκφράζονται με βάση το 10 (δηλαδή, ακολουθούν το δεκαδικό σύστημα).

Πιο κάτω φαίνεται η εντολή "QUIT" όταν χρησιμοποιείται στην κατάσταση AUTHORIZATION:

QUIT

Ορίσματα: Κανένα

Περιορισμοί: Κανένας

Πιθανές απαντήσεις:

+OK

Παραδείγματα:

C: QUIT

S: +OK *user* POP3 server signing off

Μετά την εκτέλεση της εντολής QUIT ο εξυπηρετητής απελευθερώνει τη πρόσβαση πάνω στο mailbox του πελάτη και κλείνει τη σύνδεση TCP.

Κατάσταση TRANSACTION

Μόλις ο πελάτης προσδιορίσει με επιτυχία τη ταυτότητα του στον εξυπηρετητή και ο εξυπηρετητής έχει αποκτήσει πρόσβαση πάνω στο κατάλληλο mailbox, η σύνδεση μπαίνει στην κατάσταση TRANSACTION. Στη φάση αυτή ο πελάτης μπορεί να δίνει διαδοχικά εντολές. Μετά από κάθε εντολή, ο εξυπηρετητής αποκρίνεται με μια απάντηση. Στο τέλος ο πελάτης αποστέλλει την εντολή QUIT και η σύνδεση εισέρχεται στην κατάσταση UPDATE. Πιο κάτω παρατίθενται οι εντολές που έχουν ισχύ στην κατάσταση TRANSACTION:

STAT

Ορίσματα: Κανένα

Περιορισμοί: Μπορεί να δοθεί μόνο στην κατάσταση TRANSACTION

Συζήτηση: Ο εξυπηρετητής στέλνει θετικό δείκτη κατάστασης +OK μαζί με κάποιες πληροφορίες για το mailbox. Πιο συγκεκριμένα το +OK ακολουθείται από ένα ακριβώς κενό, ακολουθεί ο αριθμός των μηνυμάτων μέσα στο mailbox, ακόμα ένα κενό και το μέγεθος του mailbox σε bytes. Τα μηνύματα που χαρακτηρίζονται ως **deleted** (βλέπε παρακάτω εντολή DELE) δεν προσμετρώνται.

Πιθανές απαντήσεις:

+OK nn mm

Παραδείγματα:

C: STAT

S: + OK 2 320

LIST [*msg*]

Ορίσματα: ένας αριθμός μηνύματος (προαιρετικά), ο οποίος εάν δίνεται, δεν μπορεί να αναφέρεται σε ένα μήνυμα που χαρακτηρίζεται ως deleted.

Περιορισμοί: Μπορεί να δοθεί μόνο στην κατάσταση TRANSACTION

Συζήτηση: Εάν δοθεί ο αριθμός μηνύματος, ο εξυπηρετητής στέλνει μια γραμμή που περιέχει το δείκτη θετικής κατάστασης +OK ακολουθούμενο από ένα κενό, τον αριθμό του μηνύματος, ακόμα ένα κενό και το μέγεθος του μηνύματος σε bytes. Η γραμμή αυτή ονομάζεται scan listing για το μήνυμα αυτό. Αν δεν δίνεται κανένα όρισμα, ο εξυπηρετητής στέλνει μια θετική απόκριση πολλαπλών γραμμών. Μετά το

αρχικό +OK, για κάθε μήνυμα μέσα στο mailbox, στέλνεται ξεχωριστή γραμμή που περιέχει αριθμό του μηνύματος, ένα κενό και το μέγεθος του μηνύματος σε bytes. Αν δεν υπάρχουν μηνύματα μέσα στο mailbox, ο εξυπηρετητής απαντά με το +OK μόνο. Τα μηνύματα που χαρακτηρίζονται ως *deleted* δεν προσμετρώνται.

Πιθανές απαντήσεις:

+OK x messages (x octets)
-ERR no such message, only x messages in mailbox

Παραδείγματα:

C: LIST
S: +OK 2 messages (320 octets)
S: 1 120
S: 2 200
S: .
...
C: LIST 2
S: +OK 2 200
...
C: LIST 3
S: -ERR no such message, only 2 messages in mailbox

RETR msg

Ορίσματα: ένας αριθμός μηνύματος (υποχρεωτικό) που δεν μπορεί να αναφέρεται σε μήνυμα που χαρακτηρίζεται ως *deleted*.

Περιορισμοί: Μπορεί να δοθεί μόνο στην κατάσταση TRANSACTION

Συζήτηση: Εάν ο εξυπηρετητής απαντήσει θετικά, τότε επιστρέφεται απάντηση πολλαπλών γραμμών. Μετά το αρχικό +OK, στέλνεται το μήνυμα που αντιστοιχεί στον δοσμένο αριθμό μηνύματος, προσέχοντας να κάνετε byte-stuff το χαρακτήρα τερματισμού.

Πιθανές απαντήσεις:

+OK x octets
-ERR no such message

Παραδείγματα:

C: RETR 1
S: +OK 120 octets
S: <Ο εξυπηρετητής στέλνει ολόκληρο το μήνυμα εδώ>
S: .

DELE msg

Ορίσματα: ένας αριθμός μηνύματος (υποχρεωτικό) που δεν μπορεί να αναφέρεται σε μήνυμα που χαρακτηρίζεται ως *deleted*.

Περιορισμοί: Μπορεί να δοθεί μόνο στην κατάσταση TRANSACTION

Συζήτηση: Ο εξυπηρετητής σημειώνει το μήνυμα σαν ***deleted***. Κάθε μελλοντική αναφορά (κάποιας POP3 εντολής) στον αριθμό που σχετίζεται με κάποιο μήνυμα που χαρακτηρίζεται ως *deleted* θα επιστρέφει λάθος. Στην πραγματικότητα ο εξυπηρετητής δεν διαγράφει το μήνυμα μέχρι η σύνοδος να φτάσει στην κατάσταση UPDATE.

Πιθανές απαντήσεις:

+OK message x deleted
-ERR no such message

Παραδείγματα:

C: DELE 1
S: + OK message 1 deleted
...
C: DELE 2
S: -ERR no such message

Κατάσταση UPDATE

Όταν ο πελάτης στείλει την εντολή QUIT στην κατάσταση TRANSACTION, ο εξυπηρετητής εισέρχεται στην κατάσταση UPDATE. (Σημειώστε ότι αν ο πελάτης στείλει την εντολή QUIT από την κατάσταση AUTHORIZATION, η POP3 σύνοδος τερματίζει αλλά δεν μπαίνει στην κατάσταση UPDATE).

Εάν μια σύνοδος τερματιστεί για κάποιο άλλο λόγο (χωρίς να στείλει ο πελάτης την εντολή QUIT) η σύνοδος δεν μπαίνει στην κατάσταση UPDATE και ΔΕΝ πρέπει να διαγραφεί κανένα μήνυμα από το mailbox.

QUIT

Ορίσματα: Κανένα

Περιορισμοί: Κανέναν

Συζήτηση: Ο εξυπηρετητής διαγράφει από το mailbox όλα τα μηνύματα που έχουν χαρακτηριστεί ως **deleted** και στέλνει ανάλογη απάντηση χρησιμοποιώντας τους δείκτες κατάστασης +OK και -ERR. Σε καμία περίπτωση δεν μπορεί ο εξυπηρετητής να διαγράψει μηνύματα που δεν έχουν χαρακτηριστεί ως deleted.

Ανεξαρτήτως η διαγραφή αρχείων υπήρξε επιτυχής ή όχι, ο εξυπηρετητής απελευθερώνει τη πρόσβαση πάνω στο mailbox του πελάτη και κλείνει τη σύνδεση TCP.

Πιθανές απαντήσεις:

+ OK
-ERR some deleted messages not removed

Παραδείγματα:

C: QUIT
S: + OK *user* POP3 server signing off (mailbox empty)
...
C: QUIT
S: + OK *user* POP3 server signing off (2 messages left)

III. Πολυνηματική λειτουργία εξυπηρετητή

Ο mail server που θα υλοποιήσετε πρέπει να είναι σε θέση να εξυπηρετεί «ταυτόχρονα» πολλές αιτήσεις από πελάτες. Δεν πρέπει, δηλαδή, να τελειώσει πρώτα με την εξυπηρέτηση μιας αίτησης και μετά να δέχεται νέες. Για να το πετύχετε αυτό, θα πρέπει να εκμεταλλευτείτε τη δυνατότητα ύπαρξης πολλών *νημάτων* μέσα στη διεργασία του mail server. Μια ιδέα θα ήταν, όταν παίρνει μια αίτηση από πελάτη, να δημιουργεί ένα νήμα για να την εξυπηρετήσει, ενώ το αρχικό νήμα να περιμένει νέες αιτήσεις. Η εξυπηρέτηση των αιτήσεων αυτών θα γίνεται από νέα νήματα που θα δημιουργεί το αρχικό. Φυσικά, όταν ένα νήμα τελειώνει την αποστολή του, θα πρέπει να τερματίζει. **Η προσέγγιση αυτή δεν είναι πολύ καλή**, γιατί δεν είναι

ιδιαίτερα ελεγχόμενη η δημιουργία και καταστροφή νημάτων στην εφαρμογή, κάτι που μπορεί να αποβεί εξαιρετικά προβληματικό σε κάποιες περιπτώσεις.

Μια άλλη, καλύτερη, ιδέα είναι το αρχικό νήμα να δημιουργήσει ένα thread-pool, δηλαδή να δημιουργήσει εξ αρχής ένα σταθερό αριθμό νημάτων-εργατών (που το πλήθος τους να δίνεται) και όταν υπάρχει αίτηση για εξυπηρέτηση να την αναθέτει σε κάποιο από τα νήματα αυτά που δεν έχει δουλειά. Τα νήματα, αφού εξυπηρετήσουν ένα πελάτη, δεν τερματίζουν, αλλά μεταβαίνουν σε κατάσταση αναμονής. Φυσικά, αν δεν υπάρχει διαθέσιμο νήμα, το αρχικό θα πρέπει να περιμένει μέχρι να υπάρξει, χωρίς να δέχεται νέες αιτήσεις. Συγκεκριμένα εάν υπάρξουν περισσότερες αιτήσεις από το μέγιστο αριθμό νημάτων στο pool τότε το σύστημα απορρίπτει την αίτηση κλείνοντας το socket (χωρίς να επιστρέφει οποιανδήποτε απάντηση στον πελάτη). Άλλες παραμέτρους που χρειάζεται να πάρει ο mail server σας, εκτός από το πλήθος των νημάτων, είναι ο αριθμός θύρας στον οποίο θα αναμένει αιτήσεις, ο κατάλογος-ρίζα του ιεραρχικού συστήματος αρχείων που «σερβίρει» και άλλες παραμέτρους που τυχόν χρησιμοποιήσετε. Οι παράμετροι μπορεί είτε να δίδονται ως ορίσματα στο πρόγραμμά σας ή καλύτερα να βρίσκονται σε κάποιο αρχείο config.txt, το οποίο θα έχει τη δομή

```
# Mailserver Configuration File

# The Number of Threads in the Threadpool
THREADS=40

# The Port number of the email server
PORT=30000

...
```

Για να πειραματίζεστε με το πρόγραμμα που θα γράψετε, κατά τη φάση της ανάπτυξής του, μπορείτε να του στέλνετε αιτήσεις μέσω της εντολής telnet (“man telnet” για να δείτε πώς).

Για να δοκιμάσετε τον mail server σας μπορείτε να δημιουργήσετε ένα δικό σας κατάλογο και να τοποθετήσετε εκεί τα αρχεία της αρεσκείας σας ή να αξιοποιήσετε υποσύνολο των αρχείων του ENRON dataset, διαθέσιμα μέσω του συνοδευτικού αρχείου <http://www2.cs.ucy.ac.cy/~dzeina/courses/epl421/assignments/as4-supplementary.zip>

VI. Παράδειγμα Συνόδου POP3

```
S: <wait for connection on TCP port 30000>
C: <open connection>
S: +OK POP3 server ready
C: USER mrose
S: +OK mrose's mrose is a valid mailbox
C: STAT
S: +OK 2 320
C: LIST
S: +OK 2 messages (320 octets)
S: 1 120
S: 2 200
S: .
C: RETR 1
S: +OK 120 octets
S: <the POP3 server sends message 1>
S: .
C: DELE 1
S: +OK message 1 deleted
C: RETR 2
```

```
S:      +OK 200 octets
S:      <the POP3 server sends message 2>
S:      .
C:      DELE 2
S:      +OK message 2 deleted
C:      QUIT
S:      +OK dewey POP3 server signing off (maildrop empty)
C:      <close connection>
S:      <wait for next connection>
```

V. Αξιολόγηση

A) Τι πρέπει να παραδώσετε;

- **Στο Moodle:** Ένα αρχείο **pop3.tar.gz** το οποίο θα περιέχει:
 1. Τον πηγαίο κώδικα μαζί με το σχετικό Makefile,
 2. Ένα README.txt αρχείο οποίο θα δίδει οδηγίες χρήσης του συστήματός σας (περίπου 1 σελίδα).

B) Κριτήρια Αξιολόγησης.

1. **30% - Δομή Συστήματος:** Το σύστημα πρέπει να χρησιμοποιεί τεχνικές δομημένου προγραμματισμού με τη χρήση συναρτήσεων, αρχείων επικεφαλίδας (.h), πολλαπλών αρχείων για καλύτερη δομή του πηγαίου κώδικα, Makefile, αρχείων ελέγχου (test files) τα οποία θα ελέγχουν την ορθότητα των συστατικών (modules) του συστήματός σας ανεξάρτητα από την υπόλοιπη λειτουργία του συστήματος, διαχείριση λαθών συστήματος με την perror, έλεγχος ταυτοχρονίας νημάτων με χρήση σηματοφόρων, κτλ.
2. **70% - Ορθότητα Λειτουργίας:** Το σύστημα θα πρέπει να διεκπεραιώνει ορθά τις λειτουργίες του συστήματος όπως αυτές περιγράφονται σε αυτή την εκφώνηση και το RFC1939. Η εκφώνηση της άσκησης δεν σας δεσμεύει για τις δυνατότητες που θα έχει ο εξυπηρετητής που θα υλοποιήσετε. **Η εκφώνηση απλά θέτει ένα ελάχιστο όριο δυνατοτήτων που θα πρέπει να υλοποιήσετε.** Αυτό είναι σκόπιμο για να σας αφήσει αρκετή ελευθερία στη λήψη πρωτοβουλιών και στην εκδήλωση δημιουργικότητας από την πλευρά σας. Μέσα από αυτή την άσκηση θέλουμε να σας δοθεί η δυνατότητα να επεξεργαστείτε από μόνοι σας ένα τεχνικό έγγραφο (RFC1939) καθώς επίσης να ανακαλύψετε νέες συναρτήσεις πέρα από αυτές που διδαχθήκατε ήδη στις διαλέξεις.
3. **10% Bonus - Επιπλέον Λειτουργίες:** το ποσοστό αυτό αναλογεί σε οποιεσδήποτε ενδιαφέρουσες και χρήσιμες περαιτέρω λειτουργίες εισάγετε στο κώδικα του διαθέτη σας (π.χ., κρυπτογραφημένη επικοινωνία μέσω υποδοχής SSL (πορτα 995) και επιπλέον λειτουργίες από το RFC1939.

Καλή Επιτυχία !