

Ενσωματωμένα Συστήματα Πραγματικού Χρόνου
Εργασία Εξαμήνου 2018
Μελεζιάδης Ιωάννης AEM 8760

Στο παρακάτω link βρίσκεται ο κώδικας, τα εκτελέσιμα, η αναφορά και τα διαγράμματα :
https://drive.google.com/open?id=1VnKKSWHdtrrAtXrywT3_YsW4sMimtfrE

Σημείωση : Υπάρχουν σχόλια σε όλη την έκταση του κώδικα οπότε ο αναγνώστης καλείται να τον έχει ανοιχτό συγχρόνως με το παρών έγγραφο για ευκολότερη κατανόηση. Επιπλέον αφέθηκαν σκοπίμως κάποιες εντολές(σε σχόλια) που χρησιμοποιήθηκαν για την αποσφαλμάτωση.

1. Κώδικας

Επεξήγηση serverBasic.c

Ο κώδικας του server έχει ως βάση τον server που δόθηκε στην εργασία 1 και πρόσθεσε συγκεκριμένα πράγματα όπως threads για τις συνδέσεις και δομή δεδομένων(συνδεδεμένη λίστα) για την αποθήκευση των μηνυμάτων. Η υλοποίηση των threads που διαχειρίζονται τις συνδέσεις έγινε χρησιμοποιώντας pthreads. Αρχικά σε ένα αέναο βρόγχο ο server περιμένει σύνδεση και όταν κάνει accept τότε αποθηκεύει το newsockfd σε μια καινούρια μεταβλητή(newSock) καθώς αυτή θα χρησιμοποιηθεί στα threads. Στη συνέχεια δημιουργεί ένα νέο thread με τη pthread_create, κάνει sleep(1) και ξαναπεριμένει νέα σύνδεση.

Η pthread_create, καλεί με τη σειρά της την συνάρτηση handler στέλνοντάς της το newSock. Η συνάρτηση handler επικοινωνεί με τον client εκτελώντας μία από τις λειτουργίες :

- αποθήκευση μηνύματος.
- αποστολή μηνυμάτων προς συγκεκριμένο χρήστη.

Συγκεκριμένα, ανάλογα με την εντολή του χρήστη Send ή Receive εκτελεί τις κατάλληλες εντολές. Αν δοθεί εντολή διάφορη του Send, Receive τότε αποχαιρετά το χρήστη και τερματίζει τη σύνδεση.

Send

Αν σαν εντολή δοθεί η Send τότε εκτελούνται τα εξής βήματα :

- Ο server ρωτάει τον client για όνομα, σε ποιόν πάει το μήνυμα και ποιο είναι το μήνυμα.
- Αποθηκεύει τις απαντήσεις σε ένα struct input που υλοποιεί την οντότητα του μηνύματος.
- Ακολουθεί το κρίσιμο κομμάτι που χρησιμοποιεί mutex καθώς εμπεριέχει εγγραφή δεδομένων. Συγκεκριμένα αποθηκεύεται το struct input στη συνδεδεμένη λίστα.
- Ρωτά τον client αν επιθυμεί να ξαναστείλει και άλλο μήνυμα και επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία μέχρις ότου ο χρήστης αποφασίσει ότι δεν θέλει να στείλει άλλο μήνυμα. Τότε διακόπτεται και η σύνδεση.\

Receive

Αν σαν εντολή δοθεί η Receive τότε εκτελούνται τα εξής βήματα :

- Ο server ρωτάει τον client ποιο είναι το όνομά του.
- Ακολουθεί το κρίσιμο κομμάτι που απαιτείται mutex. Ο handler καλεί τη συνάρτηση search η οποία δέχεται ως όρισμα το όνομα του χρήστη, του στέλνει όλα τα μηνύματα και επιστρέφει τον αριθμό των μηνυμάτων που βρέθηκαν στη μεταβλητή times.
- Στη συνέχεια, πάλι εντός mutex, καλείται η συνάρτηση deleteNode times φορές και διαγράφει όλα τα μηνύματα που στάλθηκαν και άρα πρέπει να αφαιρεθούν από τη μνήμη.
- Βγαίνοντας από τη κρίσιμη περιοχή τερματίζεται και η σύνδεση.

Επεξήγηση της συνάρτησης search

Η συνάρτηση search στην αρχή διασχίζει όλη τη συνδεδεμένη λίστα για να βρει πόσα μηνύματα έχουν ως παραλήπτη το όνομα που δόθηκε. Αυτό πραγματοποιείται γιατί στέλνονται όλα τα μηνύματα μαζί σαν ενιαίο datastream. Για κάθε ένα μήνυμα αυξάνει τη μεταβλητή sizeofMessage κατά 768+14 (εξηγείται στον κώδικα) και στο τέλος υπάρχει αποθηκευμένο το μέγεθος των δεδομένων που θα σταλθούν στο χρήστη. Έτσι ορίζεται πλέον το string **char completeMessage[sizeofMessage];** το οποίο και θα σταλθεί στον client. Επιπλέον στέλνεται στον client 12 το string str το οποίο περιέχει τον αριθμό των bytes που θα πρέπει να σταλθούν. Κατόπιν ξαναδιασχίζεται η συνδεδεμένη λίστα και αυτή τη φορά κατασκευάζεται το completeMessage από τα δεδομένα των struct input. Τέλος προστίθεται και η φράση 'No more messages' για να ορίσει το τέλος της σύνδεσης. Σε περίπτωση που δεν βρέθηκε κανένα μήνυμα στη λίστα τότε επιστρέφεται 0 και το str έχει τον αριθμό 0 ώστε αναλόγως να δράσει και ο client.

Επεξήγηση του clientBasic.c

Ο κώδικας του client ακολουθεί την ίδια λογική με τον server και σε συνδυασμό με τα σχόλια είναι εύκολα κατανοητός. Ιδιαίτερης σημασίας είναι η περίπτωση Receive που πρώτα δέχεται το μέγεθος του completeMessage και μετά δημιουργείται μεταβλητή στην οποία και εισέρχεται (μέσω της read) όλο το datastream από τον server. Σε περίπτωση που το header είναι 0 τότε τυπώνει στην οθόνη του χρήστη 'No more messages for you'.

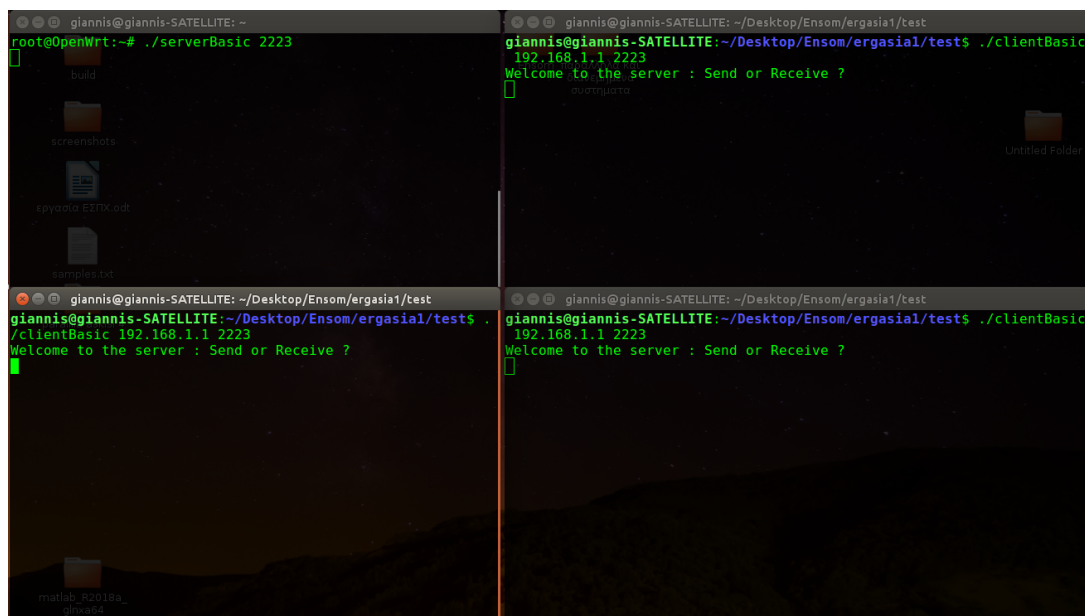
2. Ρύθμιση zsun

Για να λειτουργήσει το openWrt στη συσκευή zsun ακολουθήθηκαν τα βήματα από τη πηγή [1]. Στη συνέχεια φορτώθηκε η βιβλιοθήκη libpthread.so.0 στο zsun γιατί χρησιμοποιούνται pthreads και αφού έγινε compile ο serverBasic.c με το gcc μέσα στο φάκελο openwrt-zsun-zsun/staging_dir/toolchain-mips_mips32_gcc-4.8-linaro_uClibc-0.9.33.2/bin ανέβηκε το εκτελέσιμο στο zsun. Για τη μεταφορά χρησιμοποιήθηκε η εντολή `scp serverBasic root@192.168.1.1:~/serverBasic`. Για να γίνει η μεταφορά προϋπόθεση είναι να έχει εκτελεστεί η εντολή `ssh root@192.168.1.1` για remote control του zsun.

Για όλα τα εκτελέσιμα ακολουθήθηκε η παραπάνω διαδικασία.

3. Παρουσίαση της λειτουργίας του συστήματος server-client

Αρχικά φορτώνεται το εκτελέσιμο serverBasic στο zsun και εκτελείται με την εντολή `./serverBasic 2223`. Στη συνέχεια ξεκινούν 3 χρήστες σε ξεχωριστά τερματικά στον υπολογιστή με την εντολή `./clientBasic 192.168.1.1 2223`. Άρα βρισκόμαστε στο εξής στάδιο :



```
giannis@giannis-SATELLITE: ~
root@OpenWrt:~# ./serverBasic 2223
build
screenshots
ergasia E17X.out
examples.txt

giannis@giannis-SATELLITE: ~/Desktop/Ensom/ergasia1/test
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ ./clientBasic
192.168.1.1 2223
Welcome to the server : Send or Receive ?
αυτομααααα

giannis@giannis-SATELLITE: ~/Desktop/Ensom/ergasia1/test
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ ./clientBasic 192.168.1.1 2223
Welcome to the server : Send or Receive ?

giannis@giannis-SATELLITE: ~/Desktop/Ensom/ergasia1/test
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ ./clientBasic
192.168.1.1 2223
Welcome to the server : Send or Receive ?
```

Στη συνέχεια στέλνω 2 μηνύματα από τον πάνω δεξιά χρήστη και ένα από τους κάτω όπως φαίνεται στην εικόνα :

```
giannis@giannis-SATELLITE: ~  
root@OpenWrt:~# ./serverBasic 2223  
[ ]  
build  
screenshots  
εργασία ΕΣΤΚ.odt  
samples.txt  
matlab_R2018a_glove64
```

```
giannis@giannis-SATELLITE: ~/Desktop/Ensom/ergasia1/test  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ ./clientBasic 192.168.1.1 2223  
Welcome to the server : Send or Receive ?  
Send  
From : Joey  
To : Chandler  
Write your message : Hello from Joey  
Do you want to send another(Yes or No) : Yes  
From : Ross  
To : Chandler  
Write your message : Hello from Ross  
Do you want to send another(Yes or No) : [ ]  
Untitled Folder
```

```
giannis@giannis-SATELLITE: ~/Desktop/Ensom/ergasia1/test  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ ./clientBasic 192.168.1.1 2223  
Welcome to the server : Send or Receive ?  
Send  
From : Phoebe  
To : Rachel  
Write your message : Hello from Phoebe  
Do you want to send another(Yes or No) : [ ]  
matlab_R2018a_glove64
```

```
giannis@giannis-SATELLITE: ~/Desktop/Ensom/ergasia1/test  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ ./clientBasic 192.168.1.1 2223  
Welcome to the server : Send or Receive ?  
Send  
From : Monica  
To : Chandler  
Write your message : Hello from Monica  
Do you want to send another(Yes or No) : [ ]
```

Έπειτα επιλέγω 'No' και στους 3 χρήστες και κλείνουν τα τερματικά. Ξεκινώ ένα καινούριο client κάτω αριστερά με σκοπό να διαβάσω μηνύματα :

```
giannis@giannis-SATELLITE: ~  
root@OpenWrt:~# ./serverBasic 2223  
[ ]  
build  
screenshots  
εργασία ΕΣΤΚ.odt  
samples.txt  
matlab_R2018a_glove64
```

```
giannis@giannis-SATELLITE: ~/Desktop/Ensom/ergasia1/test  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ ./clientBasic 192.168.1.1 2223  
Welcome to the server : Send or Receive ?  
Send  
From : Joey  
To : Chandler  
Write your message : Hello from Joey  
Do you want to send another(Yes or No) : Yes  
From : Ross  
To : Chandler  
Write your message : Hello from Ross  
Do you want to send another(Yes or No) : No  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ [ ]  
Untitled Folder
```

```
giannis@giannis-SATELLITE: ~/Desktop/Ensom/ergasia1/test  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ ./clientBasic 192.168.1.1 2223  
Welcome to the server : Send or Receive ?  
Receive  
What is your name ? :Chandler  
Connecting to server . . .  
From Monica to Chandler :  
Hello from Monica  
From Ross to Chandler :  
Hello from Ross  
From Joey to Chandler :  
Hello from Joey  
No more messages  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ [ ]
```

```
giannis@giannis-SATELLITE: ~/Desktop/Ensom/ergasia1/test  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ ./clientBasic 192.168.1.1 2223  
Welcome to the server : Send or Receive ?  
Send  
From : Monica  
To : Chandler  
Write your message : Hello from Monica  
Do you want to send another(Yes or No) : No  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ [ ]
```

```
giannis@giannis-SATELLITE: ~  
root@OpenWrt:~# ./serverBasic 2223  
build  
screenshots  
ergasia1.EIFX.edi  
samples.txt  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ ./clientBasic 192.168.1.1 2223  
Welcome to the server : Send or Receive ?  
Send  
From : Joey  
To : Chandler  
Write your message : Hello from Joey  
Do you want to send another(Yes or No) : Yes  
From : Ross  
To : Chandler  
Write your message : Hello from Ross  
Do you want to send another(Yes or No) : No  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$  
giannis@giannis-SATELLITE: ~/Desktop/Ensom/ergasia1/test  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ ./clientBasic 192.168.1.1 2223  
Welcome to the server : Send or Receive ?  
Receive  
What is your name ? :Chandler  
Connecting to server . . .  
From Monica to Chandler :  
Hello from Monica  
From Ross to Chandler :  
Hello from Ross  
From Joey to Chandler :  
Hello from Joey  
No more messages  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ ./clientBasic 192.168.1.1 2223  
Welcome to the server : Send or Receive ?  
Send  
From : Monica  
To : Chandler  
Write your message : Hello from Monica  
Do you want to send another(Yes or No) : No  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ ./clientBasic 192.168.1.1 2223  
Welcome to the server : Send or Receive ?  
Receive  
What is your name ? :Chandler  
Connecting to server . . .  
No messages for you  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$
```

```
giannis@giannis-SATELLITE: ~  
root@OpenWrt:~# ./serverBasic 2223  
build  
screenshots  
epyaata ET/TK.odt  
samples.txt  
giannis@giannis-SATELLITE: ~/Desktop/Ensom/ergasia1/test  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ ./clientBasic  
192.168.1.1 2223  
Welcome to the server : Send or Receive ?  
Send  
From : Joey  
To : Chandler  
Write your message : Hello from Joey  
Do you want to send another(Yes or No) : Yes  
From : Ross  
To : Chandler  
Write your message : Hello from Ross  
Do you want to send another(Yes or No) : No  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$  
giannis@giannis-SATELLITE: ~/Desktop/Ensom/ergasia1/test  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ ./clientBasic 192.168.1.1 2223  
Welcome to the server : Send or Receive ?  
Receive  
What is your name ? :Chandler  
Connecting to server . . .  
From Monica to Chandler :  
Hello from Monica  
From Ross to Chandler :  
Hello from Ross  
From Joey to Chandler :  
Hello from Joey  
No more messages  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$  
giannis@giannis-SATELLITE: ~/Desktop/Ensom/ergasia1/test  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ ./clientBasic  
192.168.1.1 2223  
Welcome to the server : Send or Receive ?  
Receive  
What is your name ? :Chandler  
Connecting to server . . .  
No messages for you  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$ ./clientBasic  
192.168.1.1 2223  
Welcome to the server : Send or Receive ?  
Receive  
What is your name ? :Rachel  
Connecting to server . . .  
From Phoebe to Rachel :  
Hello from Phoebe  
No more messages  
giannis@giannis-SATELLITE:~/Desktop/Ensom/ergasia1/test$
```

- Χρησιμοποιήθηκαν συνδεδεμένες λίστες καθώς είναι η ενδεδειγμένη δομή για αρχεία που αποθηκεύονται και σβήνονται συχνά. Ένας πίνακας θα ξόδευε πολύ παραπάνω μνήμη και χρόνο για τις προσπελάσεις και συγκρίσεις άρα και ενέργεια.

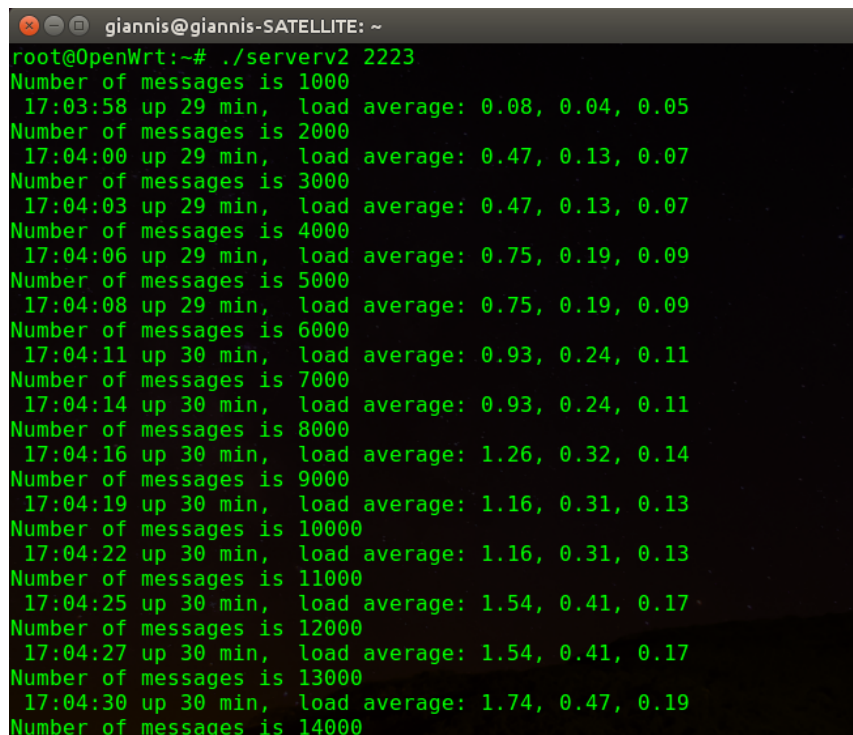
- Τα στοιχεία αποστολέα/παραλήπτη ταυτίζονται μέσω του struct input και ποτέ δε παραλαμβάνεται λάθος μήνυμα καθώς διαγράφονται αμέσως μετά την αποστολή.
- Ο server χειρίζεται πολλαπλές συνδέσεις ταυτόχρονα με χρήση pthreads.
- Το μήνυμα είναι σύντομο καθώς είναι μόνο 768 bytes το μέγιστο.
- Η δίκαιη χρήση του server από όλους τους χρήστες υλοποιείται με τη listen η οποία από μόνη της υλοποιεί ουρά προτεραιότητας σύμφωνα με τον ορισμό της.

5. Μετρήσεις ταχύτητας και χρήσης του επεξεργαστή

Για τις μετρήσεις ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία :

- Με χρήση openMP δημιουργήθηκαν 6 clients που στέλνουν συνεχόμενα μηνύματα στον server.
- Ο server έτρεξε με την εντολή `./serverv2 2223` στο zsun
- Ο server στο zsun μετράει συνεχώς πόσα μηνύματα δέχεται σε μια μεταβλητή `numbers` και με την εντολή `if(number % 1000 == 0) system("uptime");` εκτελείται ανά χίλια μηνύματα την εντολή `uptime`.
- Η `uptime` δίνει χρόνο καθώς και `load average`. Το `load average` είναι ένας δείκτης του πλήθους των εντολών που έχει να εκτελέσει ο επεξεργαστής κατά μέσο όρο 1, 5 και 15 λεπτών. Τα δείγματα που χρησιμοποιήσα είναι το `load average` των 5 λεπτών και ο χρόνος. Σαν ένδειξη μεγάλου φόρτου του επεξεργαστή είναι τιμές μεγαλύτερες του 1(διότι το zsun έχει έναν επεξεργαστή,επιβεβαιώθηκε με την εντολή `cat /proc/cpuinfo`) για αρκετή ώρα.

Ακολουθεί μια ενδεικτική εικόνα από τη λειτουργία του server στο zsun ενώ ταυτόχρονα στέλνονται μηνύματα από τους 6 clients(η εντολή για τους clients είναι η `./client 192.168.1.1 2223`) :



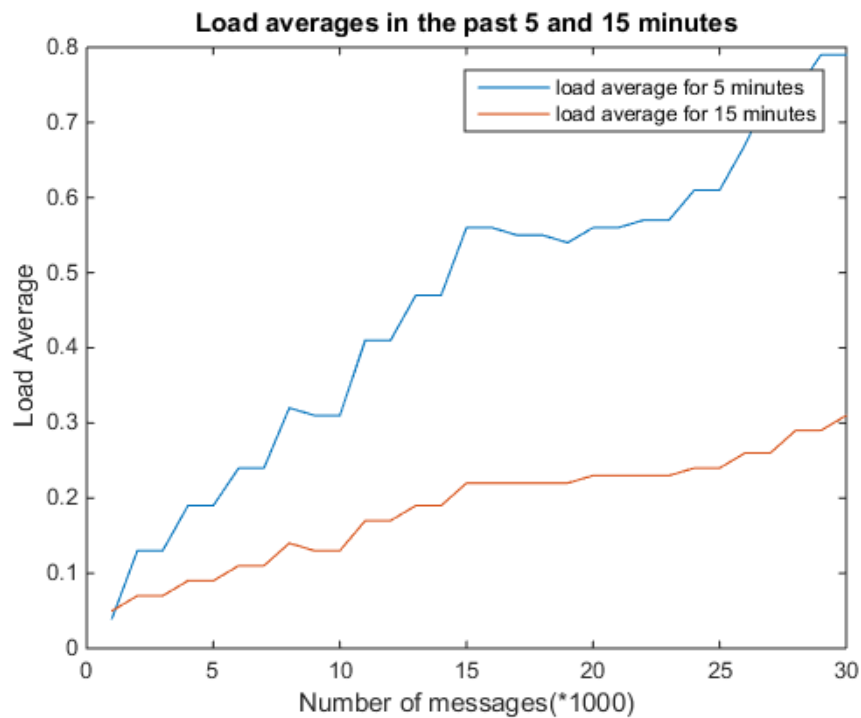
```

giannis@giannis-SATELLITE: ~
root@OpenWrt:~# ./serverv2 2223
Number of messages is 1000
17:03:58 up 29 min,  load average: 0.08, 0.04, 0.05
Number of messages is 2000
17:04:00 up 29 min,  load average: 0.47, 0.13, 0.07
Number of messages is 3000
17:04:03 up 29 min,  load average: 0.47, 0.13, 0.07
Number of messages is 4000
17:04:06 up 29 min,  load average: 0.75, 0.19, 0.09
Number of messages is 5000
17:04:08 up 29 min,  load average: 0.75, 0.19, 0.09
Number of messages is 6000
17:04:11 up 30 min,  load average: 0.93, 0.24, 0.11
Number of messages is 7000
17:04:14 up 30 min,  load average: 0.93, 0.24, 0.11
Number of messages is 8000
17:04:16 up 30 min,  load average: 1.26, 0.32, 0.14
Number of messages is 9000
17:04:19 up 30 min,  load average: 1.16, 0.31, 0.13
Number of messages is 10000
17:04:22 up 30 min,  load average: 1.16, 0.31, 0.13
Number of messages is 11000
17:04:25 up 30 min,  load average: 1.54, 0.41, 0.17
Number of messages is 12000
17:04:27 up 30 min,  load average: 1.54, 0.41, 0.17
Number of messages is 13000
17:04:30 up 30 min,  load average: 1.74, 0.47, 0.19
Number of messages is 14000

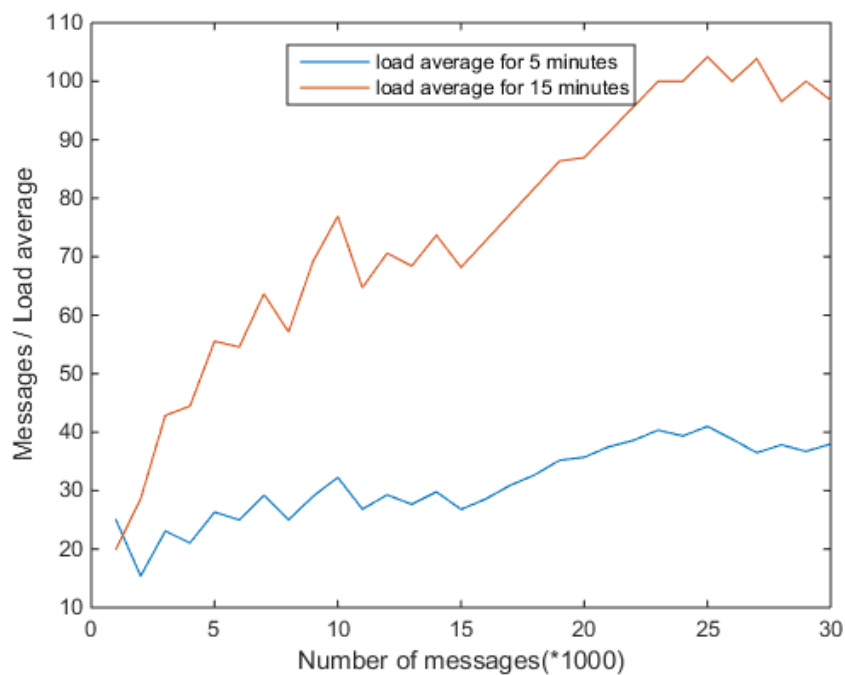
```

Συμπεραίνεται ότι ο χρόνος που διαβάζονται 1000 μηνύματα παραμένει ο ίδιος(περίπου 2-3 δευτερόλεπτα) διότι δημιουργήθηκαν 6 threads που τρέχουν επαναληπτικά. Αντιθέτως ο φόρτος του επεξεργαστή αλλάζει από τις διαδικασίες αποθήκευσης των μηνυμάτων.

Χρησιμοποιώντας τις συγκεκριμένες μετρήσεις που καταλήγουν έως 30.000 μηνύματα παρουσιάζεται το παρακάτω γράφημα μετά από επεξεργασία στο matlab :

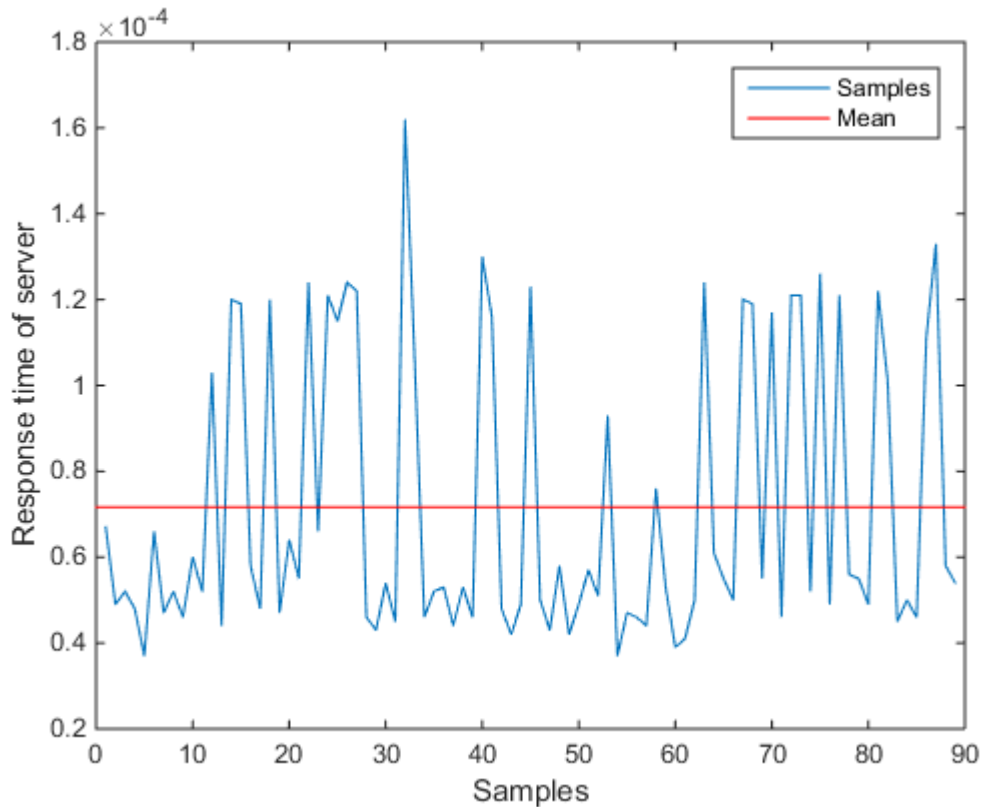


Όπως φαίνεται από το γράφημα, το load average αυξάνεται συνεχώς καθώς αυξάνουν και τα μηνύματα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περιοχή των 15-25 χιλιάδων μηνυμάτων που όπως φαίνεται από το Load average για 15 λεπτά δεν αυξάνεται ιδιαίτερα ο φόρτος του επεξεργαστή. Παρακάτω εμφανίζεται η συνάρτηση (αριθμός μηνυμάτων)/(φόρτος εργασίας επεξεργαστή) :



Η προαναφερθείσα περιοχή μεραφράζεται σε αυτό το γράφημα με μεγάλη αύξηση της τιμής της συνάρτησης ενώ προηγουμένως ανέβαινε πιο αργά. Συνεπώς αν θεωρηθεί το load average σαν δείκτης της κατανάλωσης του zsun (καθώς τραβάει περισσότερο ρεύμα ο επεξεργαστής λόγω του αυξημένου φόρτου) τότε η βέλτιστη περιοχή **μηνυμάτων/Watt** σε αυτό το πείραμα είναι τα 15-25 χιλιάδες μηνύματα.

Τέλος δημιουργώντας πολλά processes του clientBasic.c και τρέχοντας τα στο τερματικό(όχι παράλληλα) πήρα τα παρακάτω αποτελέσματα που δείχνουν τον χρόνο αποστολής ενός μηνύματος :



όπου η μέση τιμή είναι 0.0000716 seconds .

Πηγές :

[1] <https://martaver.github.io/projects/hack-zsun-for-openwrt-captive-portal-part-1/>