

ΗΥ3604 Ενσωματωμένα Συστήματα  
Πραγματικού Χρόνου  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης  
Εργασία 1<sup>η</sup>

Δημήτριος Αντωνιάδης  
8462  
akdimitri@auth.gr

Μάιος 2019

## Περιεχόμενα

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή.</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Φάκελος υποβολής, Compilation και Εκτέλεση.</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Αλγόριθμοι.</b>	<b>4</b>
3.1	Αλγόριθμος simple . . . . .	4
3.2	Αλγόριθμος advanced. . . . .	5
<b>4</b>	<b>Αποτελέσματα.</b>	<b>6</b>
4.1	Αποτελέσματα αλγορίθμου simple. . . . .	6
4.2	Αποτελέσματα αλγορίθμου advanced. . . . .	8
<b>5</b>	<b>Συμπεράσματα.</b>	<b>9</b>

## 1 Εισαγωγή.

Το παρόν έγγραφο αποτελεί την αναφορά της πρώτης (1<sup>η</sup>) εργασίας που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του μαθήματος *Ένσωματωμένα Συστήματα Πραγματικού Χρόνου*. Σκοπός της εργασίας είναι να γίνει τακτική δειγματοληψία με την μικρότερη δυνατή απόκλιση από τον πραγματικό χρόνο. Στο πείραμα αυτό οι τιμές της δειγματοληψίας είναι τα **timestamps** που επιστρέφει η συνάρτηση **gettimeofday()** [1].

Παραπάνω παρουσιάστηκε μία σύντομη εισαγωγή αναφορικά με το θέμα της παρούσας αναφοράς. Στη δεύτερη (2<sup>η</sup>) ενότητα παρουσιάζονται τα αρχεία που περιλαμβάνει η εργασία αυτή και η μέθοδος του *Compilation*. Στην τρίτη (3<sup>η</sup>) ενότητα παρουσιάζονται οι δύο αλγόριθμοι που υλοποιήθηκαν και στην τέταρτη (4<sup>η</sup>) ενότητα τα αποτελέσματα τους. Τέλος, στην πέμπτη (5<sup>η</sup>) παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας αυτής.

## 2 Φάκελος υποβολής, Compilation και Εκτέλεση.

Ο φάκελος υποβολής με τον πηγαίο κώδικα βρίσκεται στην παρακάτω διεύθυνση:

- <https://github.com/akdimitri/RTES1>

Στον φάκελο *code* περιλαμβάνονται δύο (2) αρχεία. Τα αρχεία:

- simple.c
- advanced.c

Το πρώτο αρχείο αποτελεί το ζητούμενο πηγαίο κώδικα της εργασίας ο οποίος δεν κάνει χρήση των προηγούμενων *timestamps*. Το δεύτερο αρχείο αποτελεί το ζητούμενο πηγαίο κώδικα της εργασίας ο οποίος κάνει χρήση των προηγούμενων *timestamps* με σκοπό την ακριβή δειγματοληψία πραγματικού χρόνου.

Το *Compilation* των δύο παραπάνω αρχείων πραγματοποιείται με τις εξής εντολές:

- gcc simple.c -o simple -O3
- gcc advanced.c -o advanced -O3

Η εκτέλεση και των δύο εκτελέσιμων αρχείων πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο. Η εκτέλεση απαιτεί δύο ορίσματα. Το πρώτο όρισμα αντιπροσωπεύει το χρόνο εκτέλεσης του πειράματος σε **ώρες** και το δεύτερο όρισμα το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δύο δειγματοληψιών σε **δευτερόλεπτα**. Για παράδειγμα, με τις παρακάτω εντολές εκτελούνται τα πειράματα για 2 ώρες με χρονικό διάστημα μεταξύ δύο timestamps ίσο με 0.1 δευτερόλεπτα:

- `./simple 2 0.1`
- `./advanced 2 0.1`

Επιπλέον, στο repository περιλαμβάνεται ο φάκελος *Rstudio* ο οποίος περιέχει το αρχείο **script.r** με το οποίο γίνεται η ανάλυση των αποτελεσμάτων και εξάγονται τα διαγράμματα.

Τέλος, περιλαμβάνεται στο ρεποσιτορψ και ένας φάκελος με ενδεικτικές μετρήσεις.

## 3 Αλγόριθμοι.

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται οι δύο αλγόριθμοι που πραγματοποιήθηκαν σε μορφή ψευδογλώσσας ώστε να είναι εύκολα κατανοητοί.

### 3.1 Αλγόριθμος simple

Στην υποενότητα αυτή παρουσιάζεται ο αλγόριθμος που υλοποιείται από τον πηγαίο κώδικα *simple.c*. Το πρόγραμμα δέχεται ως όρισμα το συνολικό χρόνο εκτέλεσης του προγράμματος (*executionTime*) και το διάστημα (*interval*) που μεσολαβεί μεταξύ δύο δειγματοληψιών χρόνου. Συνεπώς, είναι δυνατό διαιρώντας το συνολικό χρόνο εκτέλεσης με το χρονικό διάστημα μεσολάβησης να βρεθεί ο συνολικός αριθμός χρονικών διαστημάτων μεσολάβησης μεταξύ των δειγματοληψιών. Για να πραγματοποιηθούν τόσα διαστήματα μεσολάβησης απαιτείται να ληφθούν ισόποσα στιγμιότυπα χρόνου (*timestamps*) συν ένα (1) επιπλέον. Η μεταβλητή που αναπαριστά τον αριθμό των συνολικών στιγμιότυπων που θα ληφθούν ονομάζεται *iterations*.

Η δειγματοληψία των χρονικών στιγμών πραγματοποιείται με τη χρήση της συνάρτησης

- `gettimeofday(struct timeval *tv, struct timezone *tz) [1]`

η οποία επιστρέφει σε κατάλληλη δομή (struct) το χρόνο που έχει παρέλθει από τη χρονική στιγμή *Epoch*, δηλαδή τη χρονική στιγμή 1970-01-01 00:00:00 +0000 (UTC).

Το διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της δειγματοληψίας δύο χρονικών στιγμών πραγματοποιείται με τη χρήση της συνάρτησης

- *usleep( useconds\_ t usec)* [1]

Η συνάρτηση αυτή αναστέλλει την εκτέλεση του thread που εκτελείται για χρονικό διάστημα *usec*.

---

**Algorithm 1:** simple.c

---

**input :** *executionTime(HOURS), interval(SECONDS)*  
**output:** *timestamps MATRIX[iterations, 1]*  
1 *iterations*  $\leftarrow$  (*executionTime*) \* 3600/*interval* + 1  
2 *timestamps*[1]  $\leftarrow$  *gettimeofday(...)*  
3 **for** *i*  $\leftarrow$  2 : *iterations* **do**  
4     *usleep(interval \* 1000000)*  
5     *timestamps*[*i*]  $\leftarrow$  *gettimeofday(...)*  
6 **end**  
7 export *timestamps MATRIX* to a text file

---

### 3.2 Αλγόριθμος advanced.

Ο αλγόριθμος αυτός δειγματοληπτεί τόσες χρονικές στιγμές όσες και ο παραπάνω. Η μόνη διαφορά είναι ότι ο παραπάνω αλγόριθμος αποτυγχάνει τα δειγματοληπτήσκει με την ακρίβεια που δειγματοληπτεί ο advanced. Ο αλγόριθμος που παρατίθεται παρακάτω κάνει χρήση των προηγούμενων χρονικών στιγμών που έχουν ληφθεί κατά τη δειγματοληψία ώστε να βελτιώσει την απόδοση του. Συγκεκριμένα, εφόσον είναι γνωστή η πρώτη τιμή δειγματοληψίας και το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δύο δειγματοληψιών είναι δυνατό να γνωρίζουμε και την ακριβή στιγμή που πρέπει να πραγματοποιηθεί η δειγματοληψία της τιμής *i*. Δηλαδή,

$$timestamps[i] \leftarrow timestamps[1] + i * interval$$

Επομένως, για κάθε τιμή δειγματοληψίας είναι γνωστή και η αναμενόμενη τιμή της. Έτσι, για κάθε τιμή δειγματοληψίας μπορεί να υπολογιστεί και η χρονική απόκλιση και να αφαιρεθεί από το επόμενο χρονικό διάστημα μεσολάβησης.

---

**Algorithm 2:** advanced.c

---

```
input : executionTime(HOURS), interval(SECONDS)
output: timestamps MATRIX[iterations, 1]
1 iterations  $\leftarrow$  (executionTime) * 3600/interval + 1
2 delay  $\leftarrow$  0

3 timestamps[1]  $\leftarrow$  gettimeofday(...)
4 for i  $\leftarrow$  2 : iterations do
5   | usleep(interval * 1000000 - delay)
6   | timestamps[i]  $\leftarrow$  gettimeofday(...)
   | delay  $\leftarrow$  timestamps[i] - i * interval - timestamps[0]
7 end
8 export timestamps MATRIX to a text file
```

---

## 4 Αποτελέσματα.

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την εκτέλεση των παραπάνω αλγορίθμων. Τα παρακάτω διαγράμματα προκύπτουν ύστερα από την επεξεργασία των δεδομένων μέσω του προγράμματος **Rstudio**. Το *script.r* περιλαμβάνει όλες τις εντολές για την εξαγωγή των παρακάτω αποτελεσμάτων και διαγραμμάτων.

### 4.1 Αποτελέσματα αλγορίθμου simple.

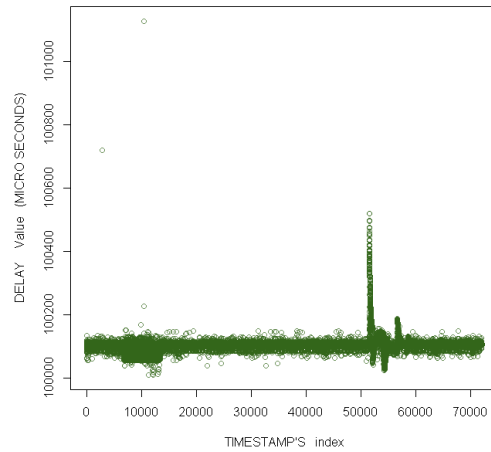
Η εκτέλεση του αλγορίθμου αυτού με ορίσματα:

- *executionTime*  $\leftarrow$  2
- *interval*  $\leftarrow$  0.1

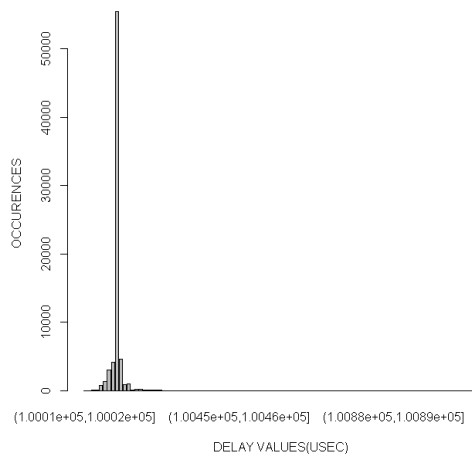
είχε συνολικό χρόνο: 7207.682 *secs* δηλαδή καθυστέρησε για περίπου **7.5** δευτερόλεπτα. Η μέση τιμή ήταν **100106.7 usec**, δηλαδή μεταξύ κάθε κάθε μέτρησης υπήρχε καθυστέρηση περίπου 107 μικρο-δευτερολέπτων. Η τυπική απόκλιση ήταν **18.024**.

Όπως φαίνεται και από τα παρακάτω διαγράμματα στο σύνολό τους οι τιμές ήταν μεγαλύτερες των 100000 usec που ήταν η επιθυμητή τιμή, για το λόγο αυτό παρατηρήθηκε και αυτή η απόκλιση.

Σχήμα 1: Τιμές διαστημάτων μεσολάβησης μεταξύ 2 δειγματοληψιών του αλγορίθμου simple



Σχήμα 2: Κατανομή τιμών των διαστημάτων μεσολάβησης μεταξύ 2 δειγματοληψιών του αλγορίθμου simple



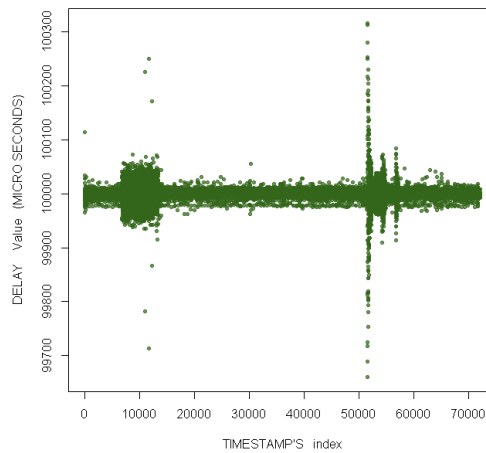
## 4.2 Αποτελέσματα αλγορίθμου advanced.

Η εκτέλεση του αλγορίθμου αυτού με ορίσματα:

- $executionTime \leftarrow 2$
- $interval \leftarrow 0.1$

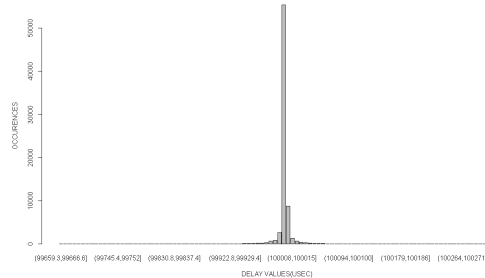
είχε συνολικό χρόνο: 7200.000108 *secs* δηλαδή καθυστέρησε για περίπου **0.000108** δευτερόλεπτα ή 108 μικρο-δευτερόλεπτα. Η μέση τιμή ήταν **100000.0015 u-sec**, δηλαδή μεταξύ κάθε κάθε μέτρησης υπήρχε καθυστέρηση περίπου 0.0015 μικρο-δευτερολέπτων. Η τυπική απόκλιση ήταν **9.14**.

Σχήμα 3: Τιμές διαστημάτων μεσολάβησης μεταξύ 2 δειγματοληψιών του αλγορίθμου advanced





Σχήμα 4: Κατανομή τιμών των διαστημάτων μεσολάβησης μεταξύ 2 δειγματοληψιών του αλγορίθμου advanced



Όπως φαίνεται και από τα παραπάνω διαγράμματα στο σύνολό του οι τιμές κυμάνθηκαν περίπου στα 100000 μικρο-δευτερόλεπτα που ήταν και η επιθυμητή τιμή.

## 5 Συμπεράσματα.

Τελικά, η εργασία αυτή καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η δειγματοληψία τιμών την οποία εκτελεί ένα ενσωματωμένο σύστημα είναι καλό να ελέγχεται και να γίνεται προσπάθεια να είναι όσο το δυνατό ακριβέστερη. Στην παρούσα υλοποίηση παρατηρήθηκε σφάλμα της τάξης του

## Αναφορές

- [1] Michael Kerrisk. Linux Programmer's Manual. [http://man7.org/linux/man-pages/dir\\_all\\_alphabetic.html](http://man7.org/linux/man-pages/dir_all_alphabetic.html).