

# Πανεπιστήμιο Πατρών Project Παράλληλης Επεξεργασίας 2016-2017

Θοδωρής Δασκαλόπουλος AM: 236032

Βαγγέλης Γεωργάτος AM:236015

Παναγιώτης Μπακλέσης AM:236136

Βάγια Τουρλίδα AM: 236233

**Χαρακτηριστικά του υπολογιστή στον οποίο έτρεξαν τα προγράμματα :**

## **Hardware:**

Model string and code : Intel(R) Core(TM) i3-3110M CPU @ 2.40GHz (58)

clflush size : 64

cache\_alignment : 64

CPU Revision: 9.000000

CPUID Info : Family: 6 Model: 58 Stepping: 9

CPU Max Megahertz : 2400

CPU Min Megahertz : 1200

Hdw Threads per core : 2

Cores per Socket : 2

Sockets : 1

NUMA Nodes : 1

CPUs per Node : 4

Total CPUs : 4

Running in a VM : no

Number Hardware Counters : 11

Max Multiplex Counters : 384

RAM:

Disc:

Operating System: Linux Mint

OS type: 64-bit

### Ανάλυση σειριακού κώδικα

Τρέχοντας τον κώδικα σειριακά δέκα φορές και χωρίς να μετρήσουμε την πρώτη φορά, κατά μέσω όρο ο συνολικός χρόνος για την κάθε ακολουθία εισόδου ήταν :

```
vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $ ./streamcluster 10 20 256 32768 32768 1000 none output_small.txt
read 32768 points
Time elapsed was 24.466755 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 24.422786 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 24.335594 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 22.049727 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 22.071696 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 22.116643 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 22.085008 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 22.050997 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 22.070760 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 22.053212 seconds
MO = 22.600000vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $ cmp output_small.txt output_small_simd.txt
```

α)small : MO=22.600000

```
vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $ ./streamcluster 10 20 512 65536 65536 1000 none output_medium.txt
read 65536 points
Time elapsed was 96.225949 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 96.279475 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 96.366616 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 79.096874 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 79.214701 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 79.261171 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 78.952302 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 78.973211 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 79.009531 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 78.964282 seconds
MO = 83.800000vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $ ./streamcluster 10 20 1024 131072 131072 1000 none output_large.txt
read 131072 points
```

b)medium: MO=83.80000

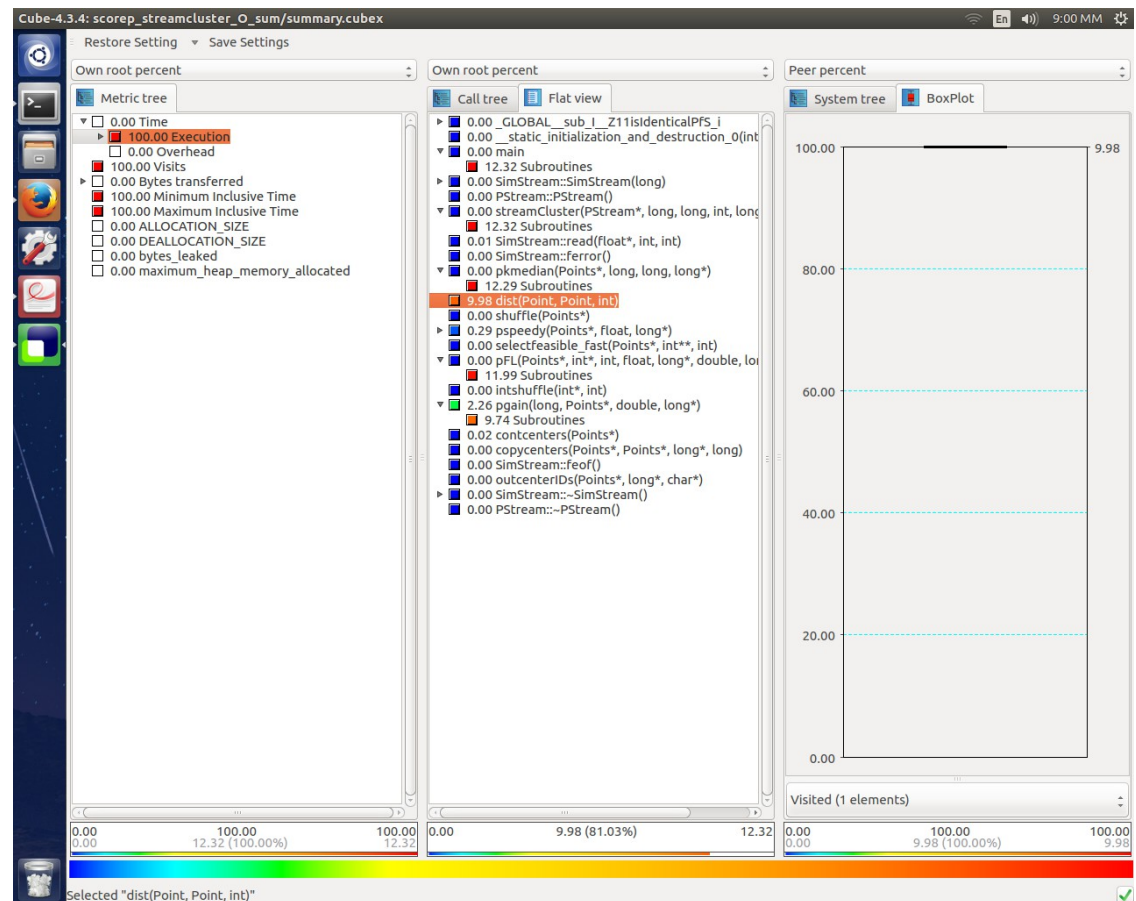
```
Time elapsed was 78.964282 seconds
MO = 83.800000vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $ ./streamcluster 10 20 1024 131072 131072 1000 none output_large.txt
read 131072 points
Time elapsed was 337.624987 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 336.615203 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 337.056430 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 271.294836 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 271.512261 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 273.637684 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 271.178233 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 279.580681 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 281.303791 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 282.064123 seconds
MO = 293.800000vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/
```

c)large: MO=293.80000

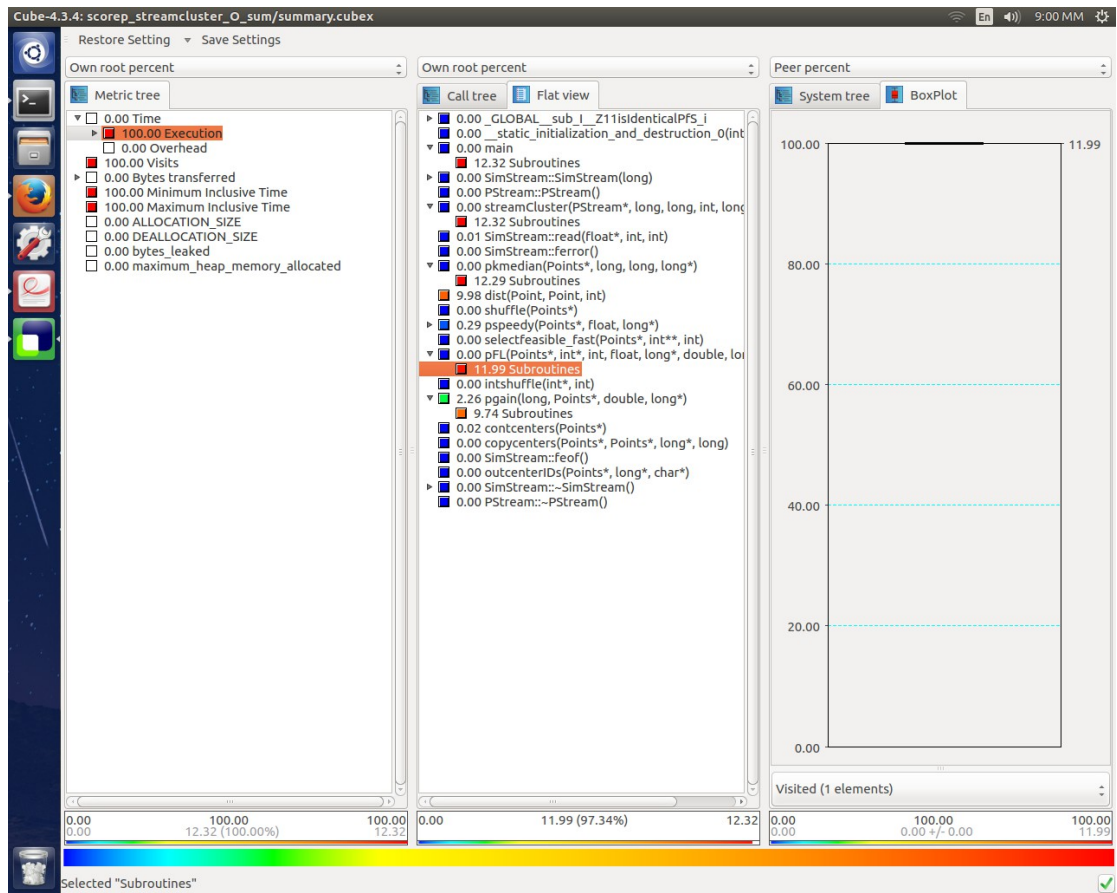
\* Κατά την εκτέλεση του προγράμματος για τις παραπάνω εισόδους, δεν λειτουργούσαν άλλα προγράμματα πέραν του λειτουργικού συστήματος και ενός κειμενογράφου.

Παρατηρήσαμε πως το μεγαλύτερο ποσοστό του χρόνου καταναλώνεται

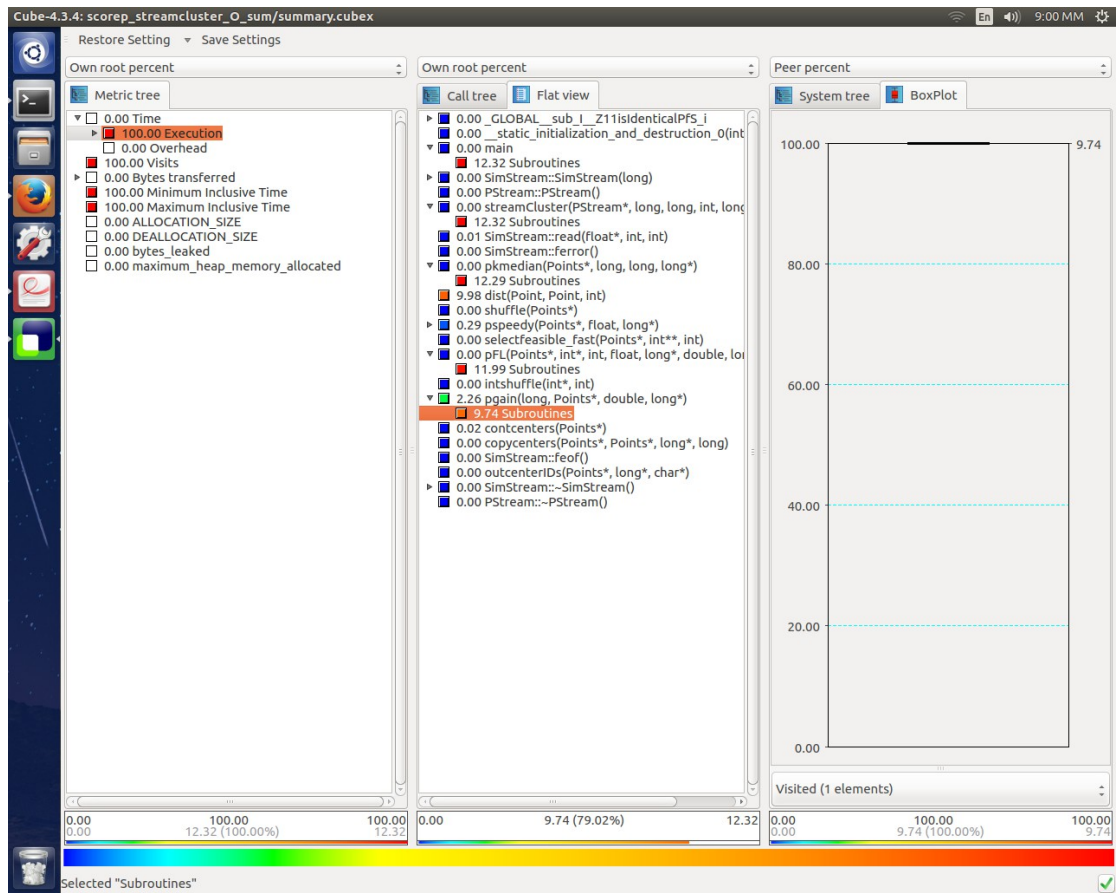
1)Στον υπολογισμό της ευκλίδειας απόστασης μέσω της συναρτησης dis



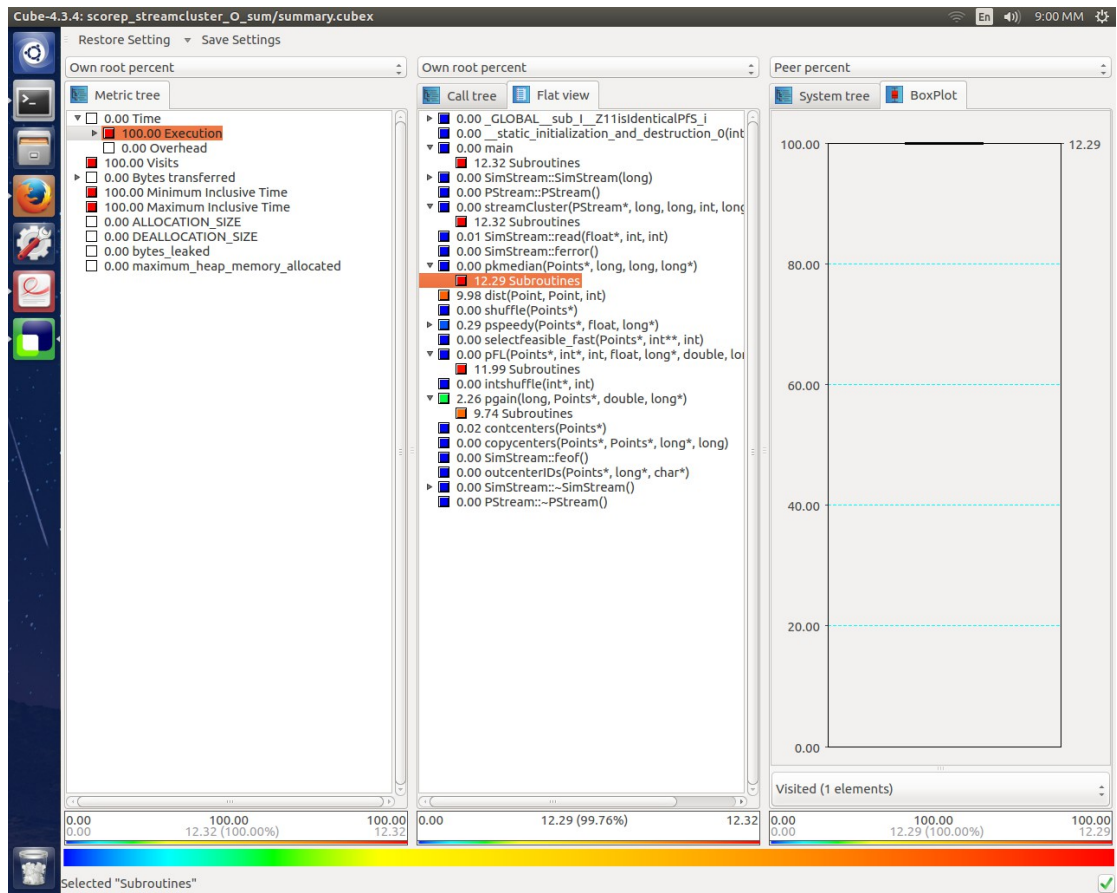
2)Στη συνάρτηση pfl:



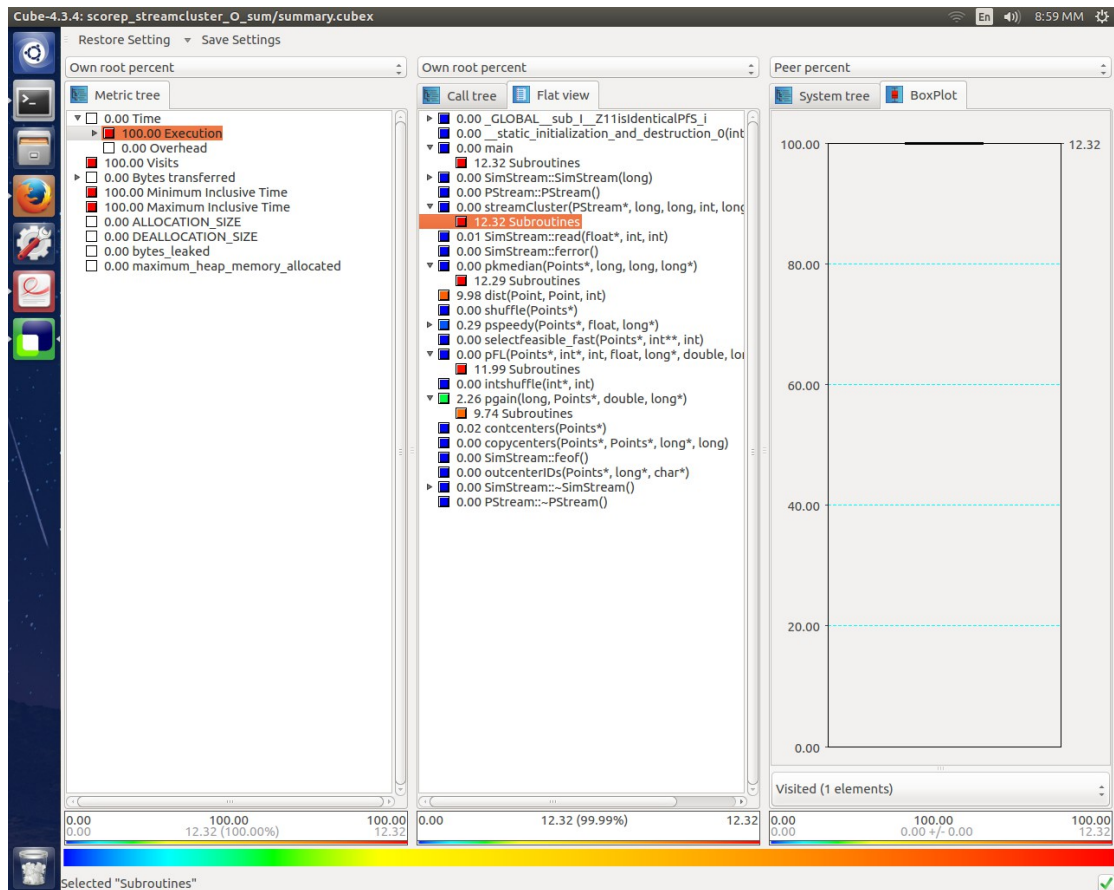
3) Στην pagain



4) Στην pkmedian:



5)Streamcluster()



Βλέπουμε λοιπόν ότι τον περισσότερο χρόνο εκτέλεσης τον χρειάζεται η streamcluster() πράγμα που είναι λογικό γιατί είναι και αυτή η συνάρτηση που καλεί τις υπόλοιπες συνεπώς θα πρέπει να τις περιμένει και να επιστρέψουν κάποια τιμή ώστε το πρόγραμμα μας να συνεχίσει. Οι προαναφερθείσες συναρτήσεις είναι και οι υποψήφιες για παραλληλοποίηση.

\*Το πρόγραμμα με το scalasca εκτέλεστηκε σε διαφορετικό υπολογιστή με τα παρακάτω χαρακτηριστικά (λόγω αποτυχίας εγκατάστασης).

```

-----
PAPI Version           : 5.5.1.0
Vendor string and code : GenuineIntel (1)
Model string and code  : Intel(R) Core(TM)2 CPU          6300  @ 1.86GHz (15)
CPU Revision           : 2.000000
CPUID Info              : Family: 6  Model: 15  Stepping: 2
CPU Max Megahertz      : 1867
CPU Min Megahertz      : 1596
Hdw Threads per core   : 1
Cores per Socket       : 2
Sockets                 : 1
NUMA Nodes              : 1
CPUs per Node           : 2
Total CPUs              : 2
Running in a VM         : no
Number Hardware Counters : 5
Max Multiplex Counters  : 384
-----

```

## ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΠΟΙΗΣΗ(με OpenMP)

\*\*\*\*\*ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ\*\*\*\*\*

1)Μπορούμε να συμπεράνουμε πως ακόμα και ένα παράλληλοποιημένο πρόγραμμα τρέχει στον ίδιο χρόνο όπως και το σειριακό όταν κάνουμε χρήση ΕΝΟΣ μόνο νήματος

2)Μεταγλωττίζοντας το πρόγραμμα με-Ο0 παρατηρούμε τεράστια αύξηση του χρόνου εκτέλεσης του προγράμματος αυτό ωφείλεται στο γεγονός ότι δεν παράγεται το βέλτιστο πρόγραμμα από τον compiler διότι δεν ενεργοποιεί την διανυσματοποίηση.

\*\*\*\*\*

### Μεταγλωττίζοντας με -O3

Ο μέσος όρος των χρόνων για την είσοδο το αρχείο ήταν:

#### 1)Για small:

-NUMBER OF THREADS=2

MO=10.60000

-NUMBER OF THREADS=4

MO=5.7

#### 2)Για medium:

-NUMBER OF THREADS=2

MO=32.500000

-Number of threads=4



```
vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project
File Edit View Search Terminal Help
vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $ export OMP_NUM_THREADS=2
vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $ ./streamcluster_simd 10 20 512 65536 65536 1000 none output_medium_simd.txt
read 65536 points
Time elapsed was 22.172815 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 21.889790 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 21.912358 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 17.987361 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 19.090434 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 17.988519 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 18.098819 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 19.167054 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 18.410946 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 23.016125 seconds
MO = 19.500000 vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/cmp output_medium.txt output_medium_simd.txt
```

MO=19.50000=>χρονοβελτίωση κατά ≈70%

### 3) Για large:

-NUMBER OF THREADS=2

MO= 65,90000

-NUMBER OF THREADS=4

MO=107,20000

### Μεταγλωττίζοντας με -O0

Ύστερα από μετρήσεις γίνεται φανερό ότι ακόμα και ένα παραλληλοποιημένο πρόγραμμα οτί αν μεταγλωτίσουμε το πρόγραμμα μας με -O0 αντί για βελτίωση που περιμένα στο πρόγραμμα μας παρουσιάζεται αύξηση κατά 200% του χρόνου εκτέλεσης αυτό ωφείλεται στο γεγονός ότι ο μεταγλωτίστης δεν ενεργοποιεί την διανυσματοποίηση με αποτέλεσμα το αποτέλεσμα μας να είναι το αντίθετο από αυτό που περίμεναμε. Είναι προφανές ότι όσο αυξάνεται ο όγκος των δεδομένων εισόδου το σφάλμα μεγαλώνει με αποτέλεσμα ο χρόνος εκτέλεσης του προγράμματος μας να αυξάνει. Ενδεικτικό παράδειγμα είναι η μεταγλώττιση του παράλληλου με χρήση 2 thread.

## ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ (OpenMP+simd)

Αν παρατηρήσουμε τους χρόνους ανάλογα με τον τρόπο που μεταγλωττίζουμε βλέπουμε επίσης ότι για μικρή είσοδο δεδομένων ο μεταφραστής μεταγλωττίζοντας με -O3 ενεργοποιεί την αυτόματη διανυσματοποίηση και έτσι ρίχνει το χρόνο. Για μεγάλη είσοδο δεδομένων όμως αυτό δεν συμβαίνει κάτι το οποίο είναι λογικό γιατί ο μεταφραστής δεν κατάφέρνει να πετύχει διανυσματοποίηση γιαυτό το λόγο κάναμε χρήση της εντολής simd του openMP για να πετύχουμε καλύτερο χρόνο. Κάνοντας την διανυσματοποίηση σύμφωνα με τις οδηγίες του διδάσκοντα, είδαμε βελτίωση στους χρόνους. Κάναμε διανυσματοποίηση με χρήση της εντολής simd αφού πρώτα κάναμε έλεγχο και είδαμε ότι πληρούντε όλες οι απαραίτητες προϋποθέσεις και δεν υπάρχουν εξαρτήσεις στα δεδομένα.

### Μεταγλωττίζοντας με -O3

Ο μέσος όρος των χρόνων για την είσοδο το αρχείο ήταν:

#### 1) Για small:

-NUMBER OF THREADS=1

```
vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $ ./streamcluster 10 20 256 32768 32768 1000 none output_small.txt
read 32768 points
Time elapsed was 24.466755 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 24.422786 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 24.335594 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 22.049727 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 22.071696 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 22.116643 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 22.085008 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 22.050997 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 22.070760 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 22.053212 seconds
MO = 22.600000vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $ cmp output_small.txt output_small_simd.txt
```

MO=22.60000

**\*\*Όπως παρατηρούμε όταν χρησιμοποιούμε μόνο ένα thread τότε το σειρακό πρόγραμμα=παράλληλο=> ΙΔΙΟΙ χρόνοι εκτέλεσης**

-NUMBER OF THREADS=2

MO=5,700000

-NUMBER OF THREADS=4

MO=5,700000

## 2) Για medium:

-NUMBER OF THREADS=1

```
MO = 22.000000 vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/cmp: output_small.txt  output_small_omp.txt
vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $ ./streamcluster_omp 10 20 512 65536 65536 1000 none output_medium_omp.txt
read 65536 points
Time elapsed was 96.594891 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 96.306297 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 96.067896 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 78.937417 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 78.905554 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 78.876853 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 78.902926 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 78.872488 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 78.957407 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 79.010778 seconds
MO = 83.500000 vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/cmp: output_medium.txt  output_medium_omp.txt
```

Παράλληλο =σειριακό=> MO=83.80000

-NUMBER OF THREADS=2

```
vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $ ./streamcluster_simd 10 20 512 65536 65536 1000 none output_medium_simd.txt
read 65536 points
Time elapsed was 22.172815 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 21.889790 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 21.912358 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 17.987361 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 19.090434 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 17.988519 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 18.090819 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 19.167054 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 18.410946 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 23.016125 seconds
MO = 19.500000 vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/cmp: output_medium.txt  output_medium_simd.txt
```

-NUMBER OF THREADS=4

```
vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $ ./streamcluster_simd 10 20 512 65536 65536 1000 none output_medium_simd.txt
read 65536 points
Time elapsed was 22.469405 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 22.036929 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 22.005015 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 20.063753 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 18.009302 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 18.851292 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 18.053258 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 18.014079 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 17.987519 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 20.577672 seconds
MO = 19.508000vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/cmp output_medium.txt output_medium_simd.txt
```

MO=19.50000

### 3) Για large:

-NUMBER OF THREADS=1

Όμοια με πριν Σειριακό=παράλληλο=>MO=293.80000

-NUMBER OF THREADS=2

```
vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $ ./streamcluster_simd 10 20 1024 131072 131072 1000 none output_large_simd.txt
read 131072 points
Time elapsed was 62.524013 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 63.674234 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 78.094399 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 64.122879 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 64.282313 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 63.978987 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 69.876510 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 80.249077 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 60.797742 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 56.907465 seconds
MO = 65.900000vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/cmp output_large.txt output_large_simd.txt
```

-NUMBER OF THREADS=4

```
vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $ ./streamcluster_simd 10 20 1024 131072 131072 1000 none output_large_simd.txt
read 131072 points
Time elapsed was 60.221114 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 60.906009 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 56.904413 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 67.505909 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 61.355346 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 61.062220 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 63.777870 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 70.349252 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 60.715116 seconds
read 131072 points
Time elapsed was 50.924851 seconds
MO = 61.600000vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/cmp output_large.txt output_large_simd.txt
```

MO=61.600000

## Μεταγλωττίζοντας με -O0:

Όμοια με πριν.

Στη συνέχεια παραθέτουμε μερικά παραδείγματα όπου γίνεται φανερή η αύξηση του χρόνου εκτέλεσης του προγράμματος μας :

A)

```
vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $ ./streamcluster_simd 10 20 512 65536 65536 1000 none output_medium_simd.txt
read 65536 points
Time elapsed was 181.060091 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 181.042897 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 180.842643 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 148.976627 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 165.018980 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 152.718269 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 149.103097 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 149.061273 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 149.053267 seconds
read 65536 points
Time elapsed was 153.963496 seconds
MO = 160.700000vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop$ cmp output_medium.txt output_medium_simd.txt simd.txt
vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $ cmp output_medium.txt output_medium_simd.txt
vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $ ./streamcluster_simd 10 20 1024 131072 131072 1000 none output_large_simd.txt
read 131072 points
Time elapsed was 658.118586 seconds
read 131072 points
```

2 threads Medium input file

MO=169,700000

b)

2 threads Large input file MO=642,700000

c)

```
vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $ ./streamcluster_simd 10 20 256 32768 32768 1000 none output_small_simd.txt
read 32768 points
Time elapsed was 42.881460 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 43.018989 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 38.904057 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 31.306912 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 39.947528 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 41.217745 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 40.947293 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 31.683258 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 41.322346 seconds
read 32768 points
Time elapsed was 39.718171 seconds
MO = 38.500000vagia@vagia-SATELLITE-C55-A-1HC ~/Desktop/par_project $
```

4 threads Small Input file MO=38.500000