

Παράλληλος Προγραμματισμός Εργασία 2017

Υλοποιήθηκε από:

Ελευθέριος Ορφανίδης. AM: 1115201400133

Ευάγγελος Νεαμονίτης. AM: 1115201400123

Έχουν υλοποιηθεί όλα τα ερωτήματα της εργασίας και έχουν ληφθεί υπ' όψη όλες οι βελτιστοποιήσεις που προτείνονται(βλ. Παρακάτω).

Για Compilation: make

Για Εκτέλεση:

- MPI: `mpiexec -n` (number of processes) `MPI_gameoflife -g` (number of generations) `-s` (size N of the N*N array of each process)
- HYBRID: `mpiexec -n` (number of processes) `Hybrid_gameoflife -g` (number of generations) `-s` (size N of the N*N array of each process)
- CUDA: `CUDA_gameoflife -g` (Number of generations) `-s` (N size of the whole N*N array)

(Για πολλαπλές μηχανές στο MPI, HYBRID προσθετούμε `-f machines` στο `mpiexec`)

Ζητούμενα και Βελτιστοποιήσεις:

- Διαμοιρασμός σε Blocks όχι σε σειρές, κάθε διεργασία έχει τον δικό της πίνακα N*N.
- Οι διεργασίες είναι οργανωμένες σε καρτεσιανή τοπολογία με περιοδικότητα.
- Επικοινωνία με εγκαθίδρυση (`MPI_Send_init`, `MPI_recv_init`).
- Αποφυγή πολλαπλών αντιγραφών με χρήση vector για αποστολή στήλης.
- Έλεγχος για μη αλλαγή του πλέγματος, και έλεγχος για τερματισμό επειδή όλοι οι οργανισμοί είναι νεκροί κάθε N επαναλήψεις
- Open MP ενσωμάτωση με παραλληλοποίηση του υπολογισμού του μέσα πίνακα με `omp for` και υπολογισμού των ακριανών πινάκων με τη χρήση `omp sections`.
- Αυτόνομο πρόγραμμα CUDA

Μετρήσεις:

Οι μετρήσεις γίνονται χωρίς έλεγχο για διακοπή, με συγκεκριμένο αριθμό γενεών $g=500$. Για τις μετρήσεις σειριακού game of life χρησιμοποιήθηκε το `Serial_game_of_life.c` που συμπεριλαμβάνεται στον φάκελο της εργασίας.

Serial:

```
vagelis@vagelis-pc: ~  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>clear  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>./Serial_gameoflife -g 500 -s 1000  
Process terminated after 19.7 seconds. Last generation: 500. arraysize: 1000x1000  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>./Serial_gameoflife -g 500 -s 2000  
Process terminated after 78.7 seconds. Last generation: 500. arraysize: 2000x2000  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>./Serial_gameoflife -g 500 -s 4000  
Process terminated after 315.8 seconds. Last generation: 500. arraysize: 4000x4000  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>█
```

MPI:

Μέγεθος Πίνακα 1000*1000

```
vagelis@vagelis-pc: ~  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>mpiexec -f machines -n 4 MPI_gameoflife -g 500 -s 500  
Process terminated after 6.5 seconds. Last generation: 500. arraysize: 1000x1000  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>mpiexec -f machines -n 8 MPI_gameoflife -g 500 -s 354  
Process terminated after 3.4 seconds. Last generation: 500. arraysize: 1416x708  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>mpiexec -f machines -n 12 MPI_gameoflife -g 500 -s 289  
Process terminated after 3.1 seconds. Last generation: 500. arraysize: 1156x867  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>■
```

Μέγεθος Πίνακα 2000*2000

```
vagelis@vagelis-pc: ~  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>mpiexec -f machines -n 4 MPI_gameoflife -g 500 -s 1000  
Process terminated after 28.2 seconds. Last generation: 500. arraysize: 2000x2000  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>mpiexec -f machines -n 8 MPI_gameoflife -g 500 -s 707  
Process terminated after 13.1 seconds. Last generation: 500. arraysize: 2828x1414  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>mpiexec -f machines -n 12 MPI_gameoflife -g 500 -s 577  
Process terminated after 11.7 seconds. Last generation: 500. arraysize: 2308x1731  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>■
```

Μέγεθος Πίνακα 4000*4000

```
vagelis@vagelis-pc: ~  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>mpiexec -f machines -n 4 MPI_gameoflife -g 500 -s 2000  
Process terminated after 105.0 seconds. Last generation: 500. arraysize: 4000x4000  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>mpiexec -f machines -n 8 MPI_gameoflife -g 500 -s 1414  
Process terminated after 51.7 seconds. Last generation: 500. arraysize: 5656x2828  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>mpiexec -f machines -n 12 MPI_gameoflife -g 500 -s 1155  
Process terminated after 45.0 seconds. Last generation: 500. arraysize: 4620x3465  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>■
```

HYBRID:

Μέγεθος Πίνακα 1000*1000:

```
vagelis@vagelis-pc: ~  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>mpiexec -f machines -n 4 Hybrid_gameoflife -g 500 -s 500  
Process terminated after 7.8 seconds. Last generation: 500. arraysize: 1000x1000  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>mpiexec -f machines -n 8 Hybrid_gameoflife -g 500 -s 354  
Process terminated after 4.1 seconds. Last generation: 500. arraysize: 1416x708  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>mpiexec -f machines -n 12 Hybrid_gameoflife -g 500 -s 289  
Process terminated after 3.8 seconds. Last generation: 500. arraysize: 1156x867  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>■
```

Μέγεθος Πίνακα 2000*2000:

```
vagelis@vagelis-pc: ~  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>mpirun -f machines -n 4 Hybrid_gameoflife -g 500 -s 1000  
Process terminated after 30.4 seconds. Last generation: 500. arraysize: 2000x2000  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>mpirun -f machines -n 8 Hybrid_gameoflife -g 500 -s 707  
Process terminated after 15.5 seconds. Last generation: 500. arraysize: 2828x1414  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>mpirun -f machines -n 12 Hybrid_gameoflife -g 500 -s 577  
Process terminated after 14.8 seconds. Last generation: 500. arraysize: 2308x1731  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>
```

Μέγεθος Πίνακα 4000*4000:

```
vagelis@vagelis-pc: ~  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>mpirun -f machines -n 4 Hybrid_gameoflife -g 500 -s 2000  
Process terminated after 120.8 seconds. Last generation: 500. arraysize: 4000x4000  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>mpirun -f machines -n 8 Hybrid_gameoflife -g 500 -s 1414  
Process terminated after 61.0 seconds. Last generation: 500. arraysize: 5656x2828  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>mpirun -f machines -n 12 Hybrid_gameoflife -g 500 -s 1155  
Process terminated after 56.9 seconds. Last generation: 500. arraysize: 4620x3465  
linux27:/home/users/sdi1400123/Parallel_GOL>
```

CUDA:

```
lefteris@lefteris:~/Desktop/parallhla$ ./a.out -g 500 -s 1000  
Using device 0: GeForce GTX 960; global mem: 2085093376B; compute v5.2; clock: 1253000 kHz  
Maximum threads per block dimension = 32  
Process exited at generation: 500 with arraysize: 1000 x 1000, after: 140.5 ms  
lefteris@lefteris:~/Desktop/parallhla$ ./a.out -g 500 -s 2000  
Using device 0: GeForce GTX 960; global mem: 2085093376B; compute v5.2; clock: 1253000 kHz  
Maximum threads per block dimension = 32  
Process exited at generation: 500 with arraysize: 2000 x 2000, after: 486.0 ms  
lefteris@lefteris:~/Desktop/parallhla$ ./a.out -g 500 -s 4000  
Using device 0: GeForce GTX 960; global mem: 2085093376B; compute v5.2; clock: 1253000 kHz  
Maximum threads per block dimension = 32  
Process exited at generation: 500 with arraysize: 4000 x 4000, after: 1957.0 ms  
lefteris@lefteris:~/Desktop/parallhla$
```

MPI	4 processes	8 processes	12 processes
1000*1000 Sp.	3,03	5,79	6,35
1000*1000 Eff.	0.75	0,73	0,53
2000*2000 Sp.	2,80	6	6,72
2000*2000 Eff.	0,70	0,75	0,56
4000*4000 Sp.	3,00	6,1	7,01
4000*4000 Eff.	0,75	0,76	0,58

HYBRID	4 processes	8 processes	12 processes
1000*1000 Sp.	2,77	4,80	5,18
1000*1000 Eff.	0,69	0,60	0,43
2000*2000 Sp.	2,56	5,08	5,32
2000*2000 Eff.	0,65	0,63	0,44
4000*4000 Sp.	2,61	5,18	5,55
4000*4000 Eff.	0,65	0,65	0,46

Συμπεράσματα:

- Όσο αυξάνονταν οι διεργασίες είχαμε βελτίωση στους χρόνους.
- Στην σταδιακή αύξηση των διεργασιών παρατηρήθηκε ότι ελαττώνεται η μείωση του χρόνου όσο προστίθονταν πολλές διεργασίες.
- Η CUDA υλοποίηση είναι πάρα πολύ γρήγορη για τέτοιου είδους υπολογισμούς.

Μελέτη Κλιμάκωσης:

Όσο αυξάνεται το μέγεθος του προβλήματος τα μεγέθη Speedup και Efficiency δεν είχαν μεγάλες αλλαγές Τόσο για το MPI όσο και για το HYBRID. Το πρόγραμμα προσφέρει δυνατότητα κλιμάκωσης καθώς όσο αυξάνεται το μέγεθος του προβλήματος διατηρεί σταθερή αποτελεσματικότητα.

ΣΗΜ:Για κάποιο λόγο οι χρόνοι που πήραμε στα linux της σχολής για το HYBRID ήταν χειρότεροι από αυτούς που πήραμε για το σκέτο MPI ενώ σε δικό μας υπολογιστή είχαμε βελτίωση των χρόνων με την ενσωμάτωση του MPI.

I7-4770k:

```
vagelis@vagelis-pc: ~/Desktop/Parallel_GOL
vagelis@vagelis-pc:~/Desktop/Parallel_GOL$ mpiexec -n 4 ./Hybrid_gameoflife -g 500 -s 2000
Process terminated after 30.0 seconds. Last generation: 500. arraysize: 4000x4000
vagelis@vagelis-pc:~/Desktop/Parallel_GOL$ mpiexec -n 4 ./MPI_gameoflife -g 500 -s 2000
Process terminated after 35.8 seconds. Last generation: 500. arraysize: 4000x4000
vagelis@vagelis-pc:~/Desktop/Parallel_GOL$
```