2η Άσκηση
Παράλληλα & Διανεμημένα Συστήματα Υπολογιστών

ΟΝΟΜΑ : ΠΕΤΡΟΣ
ΕΠΙΘΕΤΟ: ΕΥΑΓΓΕΛΑΚΟΣ
ΑΕΜ :7680
e-mail: petrosei@auth.gr

ΟΝΟΜΑ : ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΕΠΙΘΕΤΟ: ΧΑΜΖΑΣ
ΑΕΜ :7798
e-mail: chamzask@auth.gr

Παράλληλα και Διανεμημένα Συστήματα 2η Εργασία

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

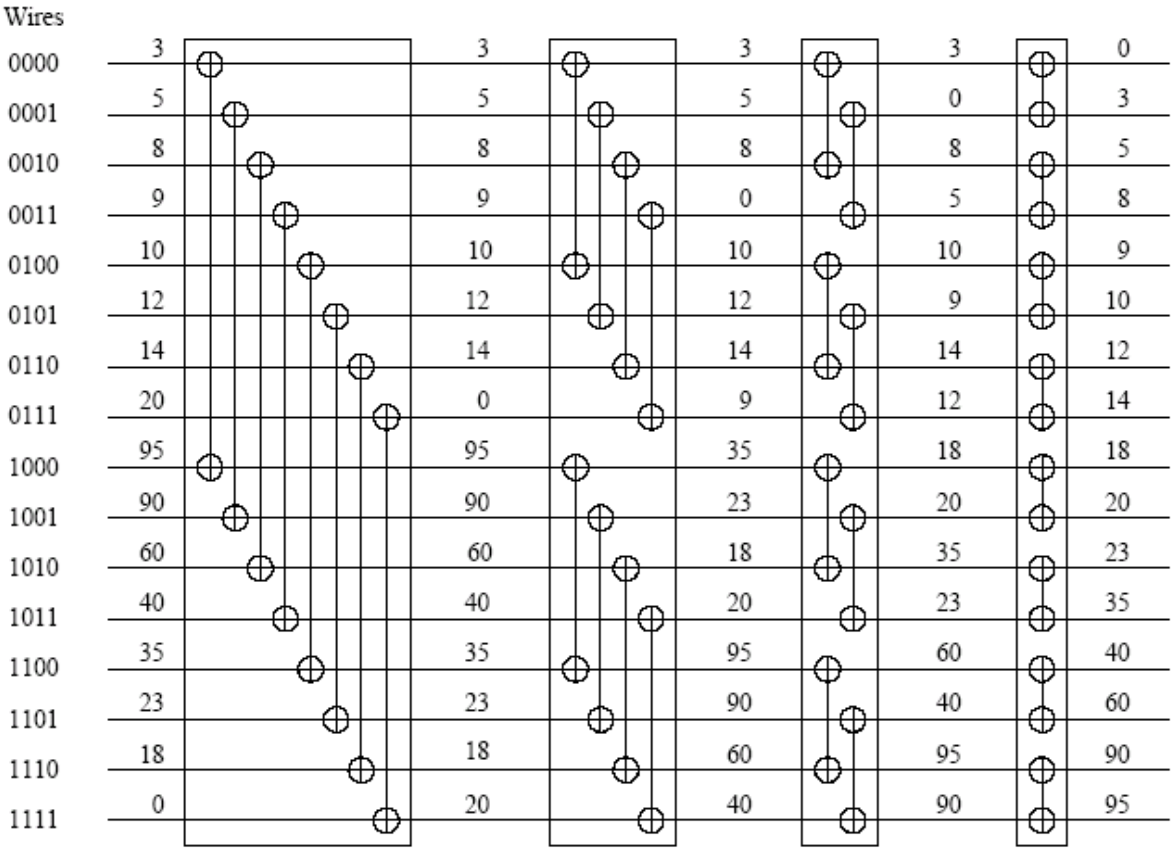
Παράλληλα και Διανεμημένα Συστήματα 2η Εργασία

1. Ανάλυση της παράλληλης υλοποίησης της Bitonic Sort με MPI

Στην συγκεκριμένη υλοποίηση χρησιμοποιήσαμε την επαναληπτική έκδοση του αλγορίθμου της Bitonic Sort για να κατατάξουμε μία ακολουθία αριθμών σε αύξουσα σειρά. Γενικά η Bitonic Sort χρειάζεται μια bitonic ακολουθία που αποτελείται απο μία ακολουθία σε αύξουσα σειρά και μια σε φθίνουσα.
Συγκρίνοντας τα στοιχεία μεταξύ τους δημιουργούμε με N συγκρίσεις 2 λιστες εκ των οποων τα στοιχεία της μιας είναι μικρότερα απο της άλλης και είναι η καθεμία τους μία bitonic_sequence. Εφαρμοζοντας αναδρομικά την διαδικασία καταλήγουμε σε μία ταξινομημένη ακολουθία .

Σχεδιάγραμμα του bitonic merging

.



Μπορουμε τωρα να θεωρησουμε τη δημιουργεια των δυο παραπανω μονοτονικών ακολουθιών ως υποπροβλήματα που λύνονται και αυτά με χρήση της ίδιας μεθόδου. Το πρόβλημα μπορεί να διασπαστεί σε διαδοχικά υποπροβλήματα μέχρι να φτάσουμε στην πιό μικρή δυνατή bitonic ακολουθία που είναι η ακολοθία δυο στοιχείων. Έτσι θα έχουμε δυο ακολουθίες που αποτελείται η κάθε μια από ένα στοιχείο και μπορουν να θεωρηθούν αύξουσα

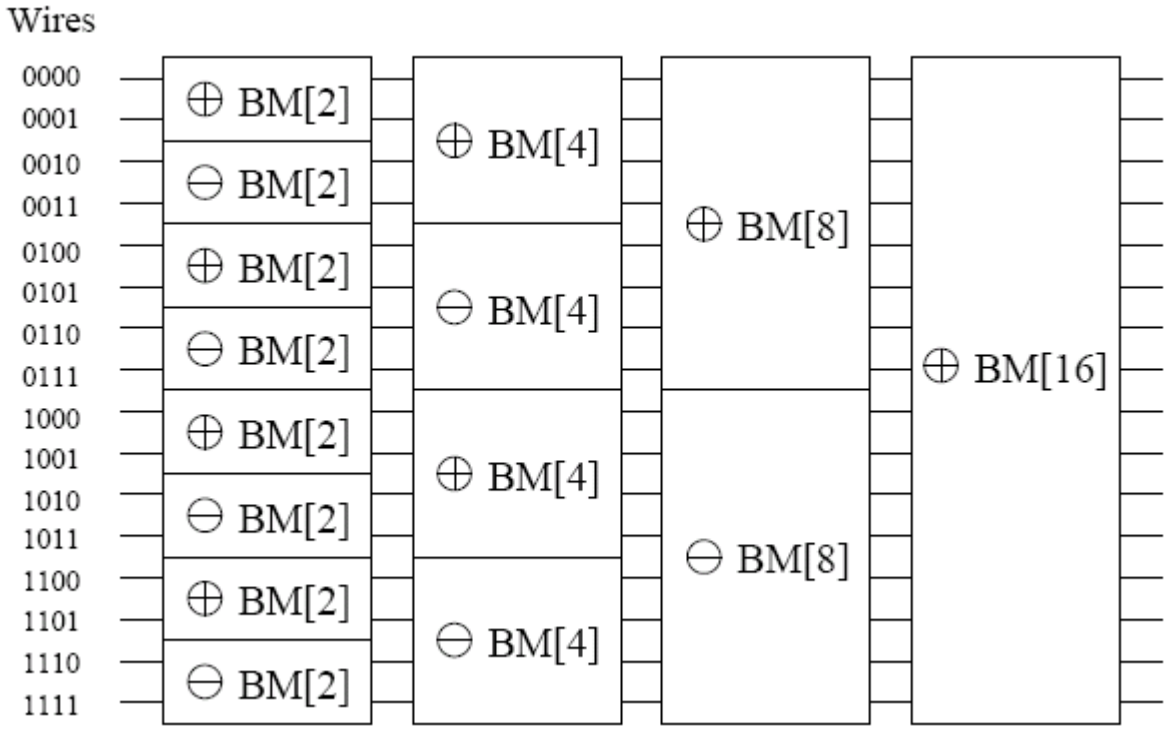
και φθίνουσα αντίστοιχα. Έτσι λύνοντας διαδοχικά όλα αυτά τα υποπροβλήματα καταλήγουμε τελικά σε μία ταξινομημένη ακολουθία.

Το σχήμα που ακολουθεί περιγράφει αυτή την διαδικασία

⊕BM[N] Σημαίνει αύξουσα ταξινόμηση N στοιχείων με Bitonic Merging

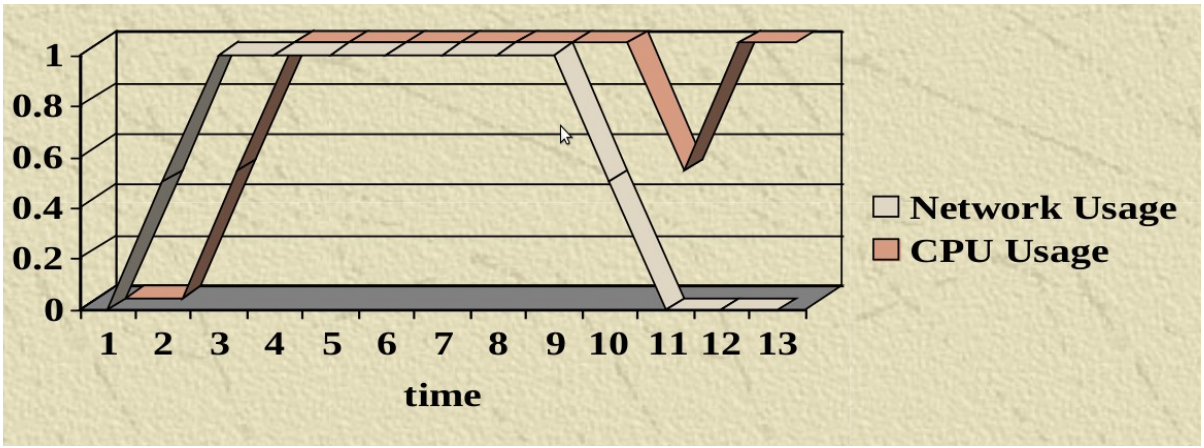
ΘBM[N] Σημαίνει φθίνουσα ταξινόμηση N στοιχείων με Bitonic Merging

Δημιουργεία Bitonic sequence



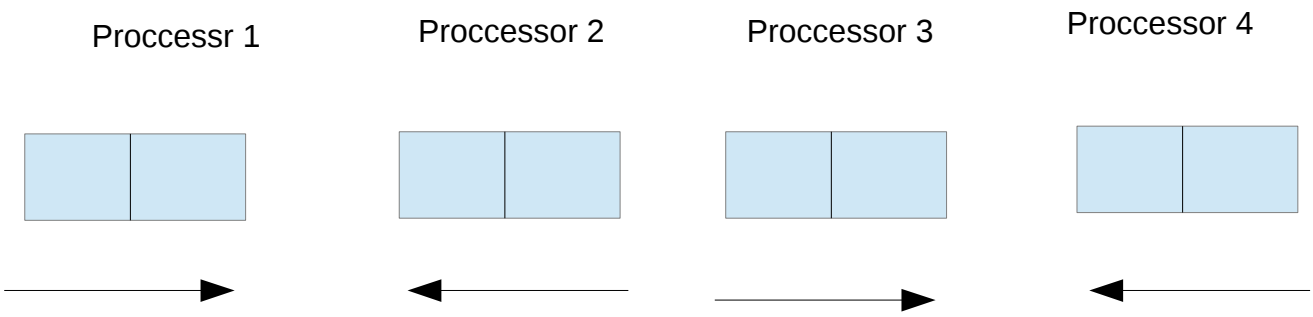
Χρησιμοποιώντας τώρα την παραπάνω λογική μπορούμε να χωρίσουμε σε περισσότερους επεξεργαστές ίσα κομμάτια της αρχικής αταξινόμητης ακολουθίας. Αρχικά μπορούμε να ταξινομίσουμε την κάθε υπακολουθία με χρήση μιας γρήγορης σειριακής μεθόδου ταξινόμησης, όπως είναι η QuickSort. Η ταξινόμηση των υπακολουθιών εναλλάσεται από αύξουσα σε φθίνουσα σειρά και το αντίστροφο μετξύ δυο διαδοχικών επξεργαστών. Στη συνέχεια θεωρούμε ώς μικρότερη bitonic ακολουθία το σύνολο των στοιχίων δύο γειτονικών επεξεργαστών, όπου ο κάθε ένας έχει μία μονοτονική ακολουθία αντίθετης φοράς μεταξύ τους. Έτσι παιρνόντας μυνήματα με χρήση της MPI ανάμεσα στους διαφορετικούς επεξεργαστες εφαρμόζουμε την παραπάνω λογική κάνοντας Bitonic Merging σε κάθε bitonic ακολουθία. Έτσι σε κάθε εξωτερικό βήμα δημιουργούμε διπλάσιες σε μέγεθος bitonic ακολουθίες και μισές σε πλύθος. Οπότε στο τέλος καταλήγουμε σε μία ενιαία ταξινομημένη ακολουθία. Τώρα σε κάθε εσσωτερικό βήμα κάνουμε όπως είπαμε Bitonic Merging σε κάθε bitonic ακολουθία. Το πρώτο βήμα στο Bitonic Merging αν έχουμε μία bitonic ακολουθία είναι να συγρίνουμε ένα προς ένα τα στοιχεία

της αύξουσας με τα στοιχεία της φθίνουσας ακολουθίας και να κάνουμε ανταλλαγές όπου χρειάζεται έτσι ώστε στο τέλος τα στοιχεία της μίας ακολουθίας να είναι μικρότερα από της άλλης. Στη συνέχεια σπάμε κάθε ακολουθία στη μέση και εκτελούμε την ίδια διαδικασία σε κάθε υπακολουθία. Αυτό συνεχίζεται μέχρι να φτάσουμε σε δύο στοιχεία. Εδώ επειδή σε κάθε επξεργαστή θα υπάρχει ένα μόνο κομμάτι της bitonic ακολουθίας(πχ. σε δύο επεξεργαστές κάθε ένας έχει μισή από την bitonic ακολουθία) θα παιρνάμε τα στοιχεία που θέλουμε να συγκρίνουμε σε κάθε επξεργαστή και όταν ολοκληροθούν οι συγκρίσεις θα τα επιστρέφουμε. Οπότε κάθε επεξεργαστής θα επικοινωνίσει διδοχικά με όποιον επεξεργαστή χρειάζεται σε κάθε βήμα του bitonic merging μέχρις ότου να έχει μια bitonic sequence της οποίας τα στοιχεία δε θα υπάρχουν ή θα είναι ίσα με τα στοιχεία των υπόλοιπων επεξεργαστών. Στη συνέχεια θα εκτελεί κάθε επεξεργαστής τα υπόλοιπα βήματα του bitonic merging χωρίς να χρειάζεται να επικοινωνίσει με κανέναν. Με αυτόν τον τρόπο καταφέρνουμε να εκτελλούμε διαρκώς παράλληλα το bitonic merging σε όλλους τους επεξεργαστές. Επίσης τις αποστολές των δεδομένων τις κάνουμε με Isend ώστε να μπορούμε να εκμεταλευτούμε τον χρόνο που δαπανάτε κατα την αποστολή σε εκμεταλεύσημο υπολογιστικό χρόνο (Σχ 1.1). Από την άλλη τις λήψεις των δεδομένων τις κάνουμε με Recv έτσι ώστε να πετυχαίνουμε έναν καλύτερο συγχρονισμό μεταξύ των επεξεργαστών ώστε να εκτελλούνται σωστά τα βήματα του bitonic merging.



1.1

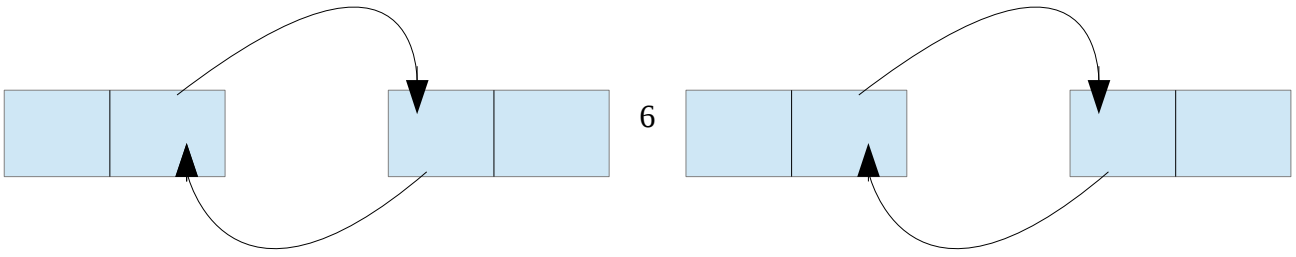
Τώρα θα αναλύσουμε τα βήματα που ακολουθούμε για την υλοποίηση της παραπάνω διαδικασίας. Για ευκολότερη αλλά και για πλήρη κατανόηση της μεθόδου επιλέγουμε το παράδειγμα των τεσσάρων επεξεργαστών.



Σχήμα 1.2

Βήμα 1ο

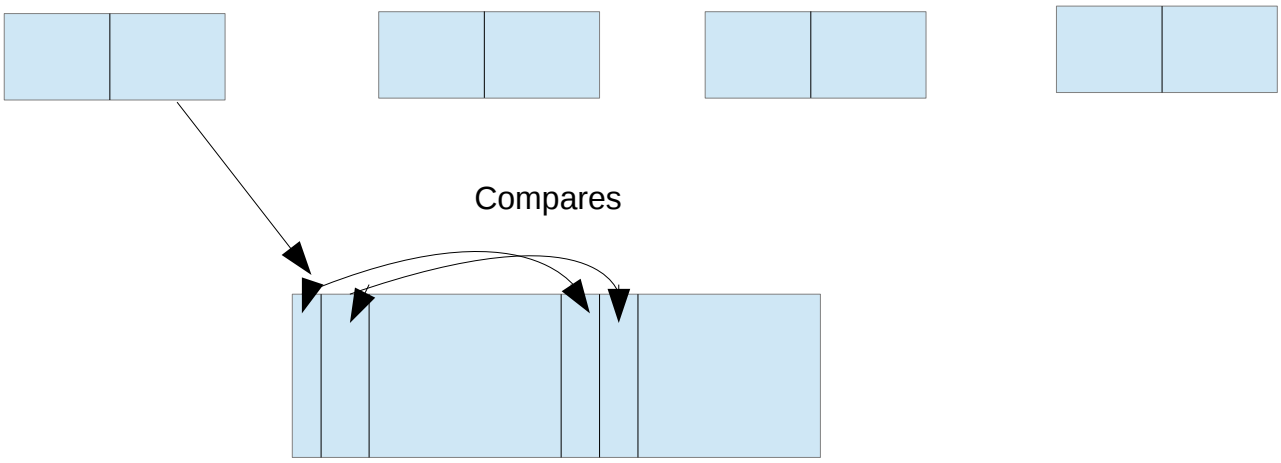
Αρχικά έχουμε δύο bitonic ακολουθίες που η κάθε μια χωρίζεται σε δυο επεξεργαστές. Επειδή οι συγκρίσεις των στοιχείων γίνονται ένα προς ένα στοιχείο μεταξύ των δύο μισών μιας bitonic ακολουθίας μπορούμε να ανταλλάξουμε τα μισά στοιχεία μεταξύ των επεξεργαστών Proccessor1- Proccessor2 και Proccessor3- Proccessor4 , όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 1.3).



Σχήμα 1.3

Βήμα 2ο

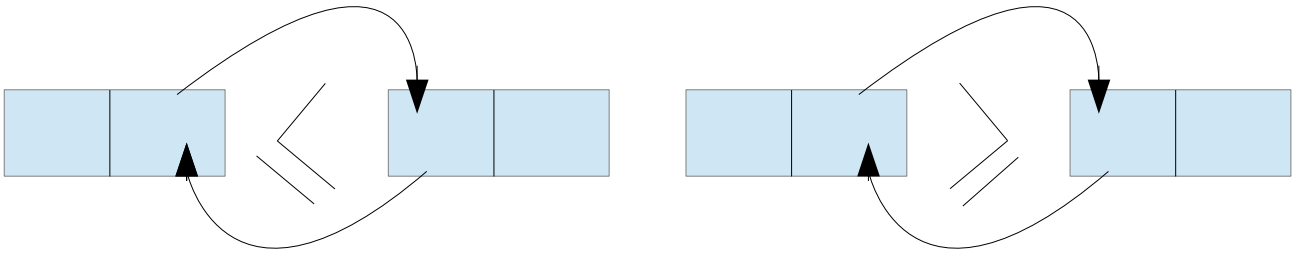
Στη συνέχεια εκτελούμε τις συγκρίσεις (Σχ.1.4)



Σχήμα 1.4

Βήμα 3ο

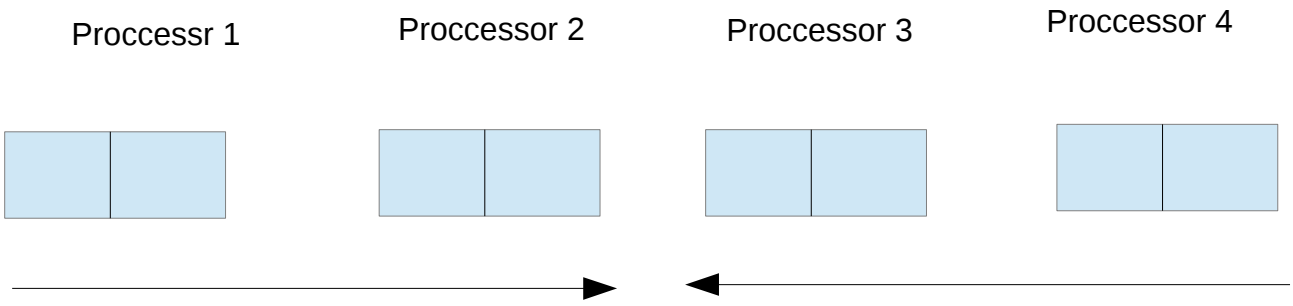
Έπειτα ξαναεπιστρέφουμε τα στοιχεία στους επεξεργαστές και ξέρουμε ότι τα στοιχεία του ενός είναι μικρότερα από τα στοιχεία του άλλου(Σχ.1.4)



Σχήμα 1.5

Βήμα 4ο

Στη συνέχεια εκτελούμε το Bitonic Merging σε κάθε επεξεργαστή ανεξάρτητα από τους άλλους. Έτσι, ενώ αρχικά είχαμε δύο Bitonic ακολουθίες, καταλήγουμε σε μία εννιαία Bitonic ακολουθία (Σχ.1.6).

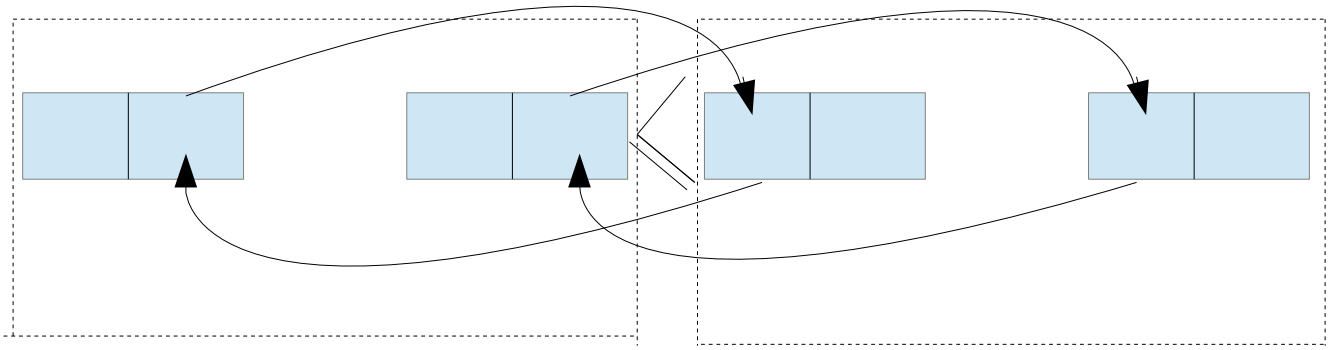


Σχήμα 1.6

Βήμα 4ο

Τώρα έχουμε μια bitonic ακολουθία η οποία χωρίζεται σε 4 επεξεργαστές. Για να εκτελέσουμε το bitonic merging σε αυτή την ακολουθία έχουμε πάλι σαν πρώτο βήμα τη σύγκριση των στοιχείων μεταξύ των μονοτονικών υπακολουθιών οι οποίες χωρίζονται σε δύο επεξεργαστές η κάθε μια. Όμως επειδή όπως είπαμε οι συγκρίχεις γίνονται ένα προς ένα στοιχείο κάθε επεξεργαστής θα επικοινονίσει μόνο με έναν επεξεργταστή ο οποίος έχει τα στοιχεία με τα οποία θέλει να κάνει τις συγκρίσεις. Στη συγκεκρίμένη

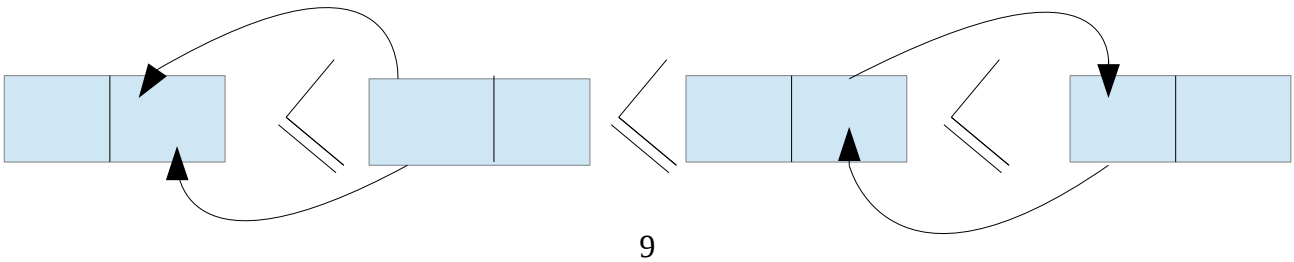
περίπτωση Proccessor1- Proccessor3 και Proccessor2- Proccessor4 (Σχ.1.7).



Σχήμα 1.7

Βήμα 5ο

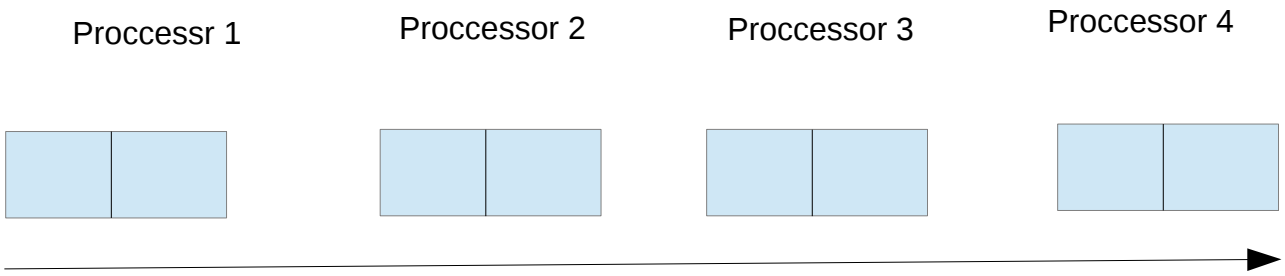
Τώρα η αρχική ακολουθία έχει χωριστεί σε δύο ακολουθίες των οποίων τα στοιχεία της μίας είναι μικρότερα της άλλης και κάθε μία παό αυτές είναι χωρισμένη σε δύο επεξεργαστές. Οπότε για να εκτελέσουμε το επόμενο βήμα της bitonic merging πρέπει να εκτελέσουμε τις συγκρίσεις ανάμεσα σε αυτούς τους επξεργαστές Proccessor1- Proccessor2 και Proccessor3- Proccessor4(Σχ. 1.8).



Σχήμα 1.8

Βήμα 6ο

Τέλος έχουμε σε κάθε επεξεργαστή μια ακολουθία της οποίας τα στοιχεία δεν υπάρχουν είναι ίσα με των άλλων επεξεργαστών, όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα (1.8). Οπώτε τώρα μπορούμε να εκτελέσουμε το bitonic merging σε κάθε επεξεργαστή ξεχωριστά χωρίς να επικοινωνεί με κανέναν άλλο. Έτσι καταλήγουμε σε μια ενιαία αύξουσα ακολουθία (Σχ.1.9).



Σχάμα 1.9

2.Επιπλέον σχόλια για την τρόπο που τρέξαμε τους αλγορίθμους

Την παράλληλη υλοποίηση της bitonic την τέξαμε Grid όμως για λόγο καθυστέρισης εξαγωγής των αποτελεσμάτων την τρέξαμε και στο user interface του Hellas Grid. Για την πρώτη περίπτωση δυμιουργίσαμε ένα script στην python που δημιουργούσε τα shell script (script.sh) με όλα τα απαραίτητα για τις μετρίσεις ορίσματα p και q. Το όρισμα q δίνεται απευθείας στο πρόγραμμα που έχουμε υλοποιημένο στη C ενώ το q δίνεται με τη μορφή nodes=x:ppn=y όπου επιλέγαμε πάντα το x=1 εκτός για q=7 που έπρεπε να είναι nodes=2:ppn=64 μιας και δέν υπάρχει ένα node με 128 proccesses. Οπότε μέσα στο στο πρόγραμμά μας παίρνουμε τον αριθμό των proccesses από την εντολή MPI_Comm_size(MPI_COMM_WORLD, &numtasks). Το script υπάρχει στον φάκελο /uiscripts/parallel_bitonic/GRID/uirun.py μαζί με το αρχείο mpi-bitonic.c. Τώρα για να τρέξουμε το πρόγραμμα στο User Interface δημιουργήσαμε πάλι ένα script στην python το οποίο τρέχει για όλες τις περιπτώσεις τον εκτελέσιμο πρόγραμμα με την εντολή “mpiexec -n (2^p) ./mpi-bitonic q". Επίσης από το πογραμμα της C γράφουμε σε αρχεία τα απότελέσματα. Το script μαζί με τον πηγαίο κώδικα στη C υπάρχει στον φάκελο /uiscripts/parallel_bitonic/UserInterface/uirun.py. Επίσης η μεταγλώτηση του κώδικα γίνεται με make και το Makefile υπάρχει στην αρχή του φακέλου μας. Τα σειριακά προγράμματα της bitonic και της qsort τα τρέξαμε στο User Interface γιατί τρέξαμε ορισμένα στο Grid και είδαμε ότι δεν έχει σημαντική διαφορά στο χρόνο εκτέλεσης. Η εκτέλεση όλων των περιπτώσεων έγινε κι εδώ με ένα script στην python που έτρεχε το εκάστοτε εκτελέσιμο με ορίσματα το q και το σύνολο των επεξεργαστών (2^p). Τα αποτελέσματα και εδώ γράφονται απευθείας σε αρχεία. Τα αρχεία βρίσκονται στους φακέλους /uiscripts/bitonic_serial και /uiscripts/qsort_serial. Τέλος όλα τα προγράμματα για καλύτερη αξιοπιστεία των αποτελεσμάτων, τρέχουν για 10 επαναλήψεις και παίρνουμε το μέσο όρο των μετρήσεων. Όλες οι μρτρήσεις βρίσκονται στον φάκελο results.

3.Ανάλυση του ελέγχου ορθότητας της μεθόδου

Για τον έλεγχο ορθότητας των αποτελεσμάτων της μεθόδου που χρησιμοποιήσαμε, δηλαδά αν η τελική ακολουθία είναι όντος ταξινομημένη κατά αύξουσα σειρά, χρησιμοποιήσαμε τοπικά σε κάθε επεξεργαστή τη συνάρτηση test() που μας δώθηκε. Όμως δε μπορούσαμε να τη χρησιμοποίσουμε για όλο το πρόβλημα γιατί θα έπρεπε να μεταφέρουμε όλα τα δεδομένα από όλους τους επεξεργαστές σε έναν πράγμα που θα δημιουργούσε έναν πίνακα που, σε μεγάλα προβλήματα, μπορεί να μη χωρούσε στη μνήμη. Έτσι εκτελλούμε τοπικά σε κάθε επεξεργαστή τη συνάρτηση test() ελαφρός τροποποιημένη έτσι ώστε να επιστρέφει έναν ακέραιο ο οποίος θα είναι 1 αν πέτυχε το test και 0 αν απέτυχε. Στη συνέχεια στέλνουμε σε έναν επεξεργαστή (συγκεκριμένα στον pid=0) έναν πίνακα τριών στοιχείων, το πρώτο είναι ο ακέραιος που επιστρέφη η test() , το δεύτερο το πρώτο (ελάχιστο) στοιχείο του πίνακα του κάθε επεξεργαστή και το τρίτο το τελευταίο (μέγιστο) στοιχείο του πίνακα του κάθε επεξεργαστή. Τέλος στον επεξεργαστή pid=0 αθροίζουμε σε μια μεταβλητή sum τις επιστρεφόμενες τιμές της test() από κάθε επξεργαστή. Επίσης ελέγχουμε με τον ίδιο τρόπο που δουλεύει η test() αν το μέγιστο στοιχείο από κάθε επεξεργαστή είναι μικρότερο ή ίσο από το ελάχιστο στοιχείο του αμέσως επόμενου επεξεργαστή, αν ιχύει αυτό για όλους η μεταβλητή pass θα παραμήνει 1 αλλιώς θα γίνει 0. Έτσι ελέγχουμε αν πληρούνται ταυτόχρονα οι προυποθέσεις το sum να είναι ίσο με τον αριθμό των επεξεργαστών (numtasks) και το pass να ισσούτε με 1, τότε εκτυπώνουμε το μύνημα “TEST PASSed" αλλιώς εκτυπώνουμε το μύνημα “TEST FAILed". Ο υλοποιημένος κώδικας φαίνεται παρακάτω.

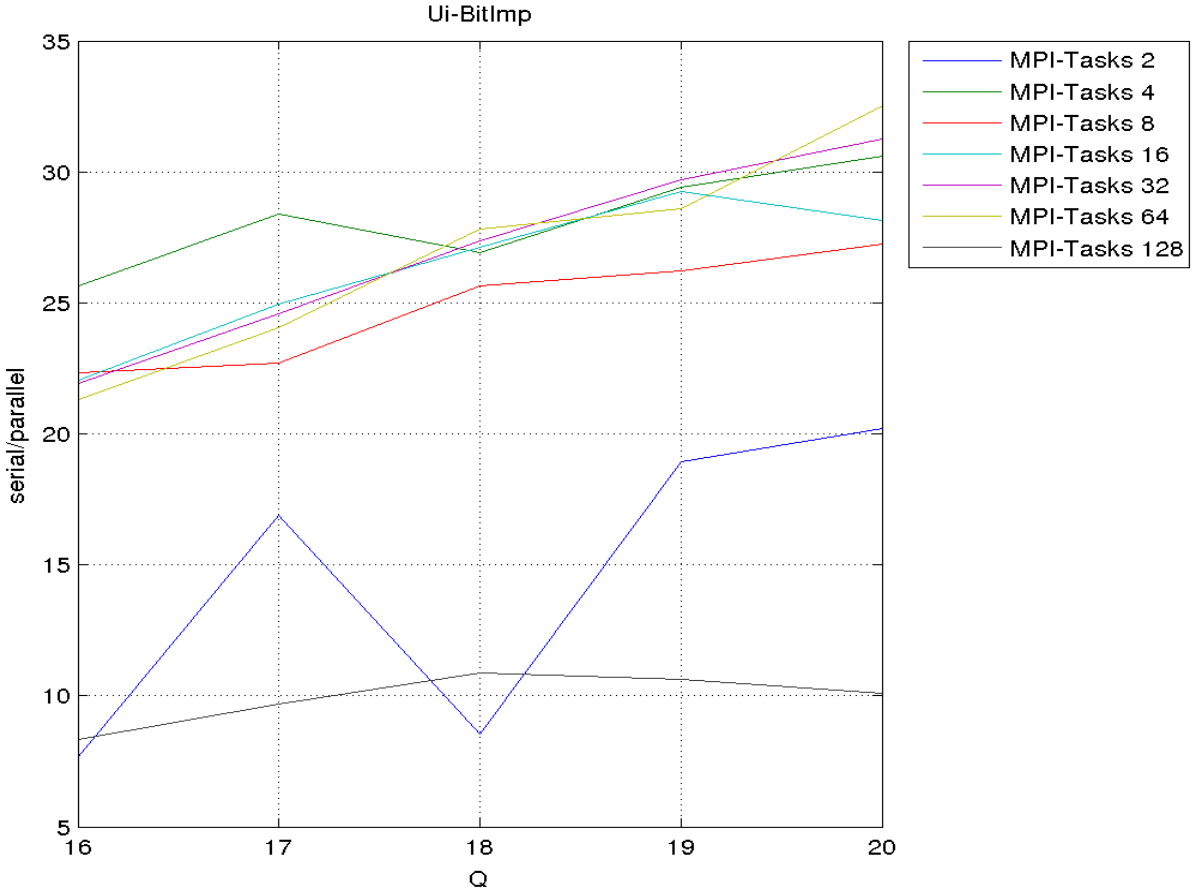
```
if(taskid==MASTER){

     int i;
     int sum,pass=1;
     sum=test();
     for(i=1;i<numtasks;i++){

        MPI_Recv(&c[3*i], 3, MPI_INT,i, FROM_WORKER,MPI_COMM_WORLD, &status);
        sum=c[3*i];
        if (i==0) pass &= (a[N-1] <= c[3*i+1]);
        else pass &= (c[3*(i-1)+2] <= a[3*i+1]);
     }
     if(sum==numtasks && pass) printf("TEST PASSed \n");
     else printf("TEST FAILed \n");
    }
    else{
      b[0]=test();
      b[1]=a[0];
      b[2]=a[N-1];
      MPI_Send (b,3,MPI_INT,0,FROM_WORKER,MPI_COMM_WORLD);
    }
    MPI_Barrier(MPI_COMM_WORLD);
}
```

4.Συγκριτικά διαγράμματα σειριακής και παράλληλης υλοποίησης

Επειδή Το grid δεν μας έχει δωσει τα δεδομένα ακόμα .Τρέξαμε στο Ui του hellas grid και πήραμε τα εξής Αποτελέσματα

Στα σχεδιαγαμματα φαίνεται ο λόγος του χρόνου του σειριακού κώδικα προς τον παράλληλο

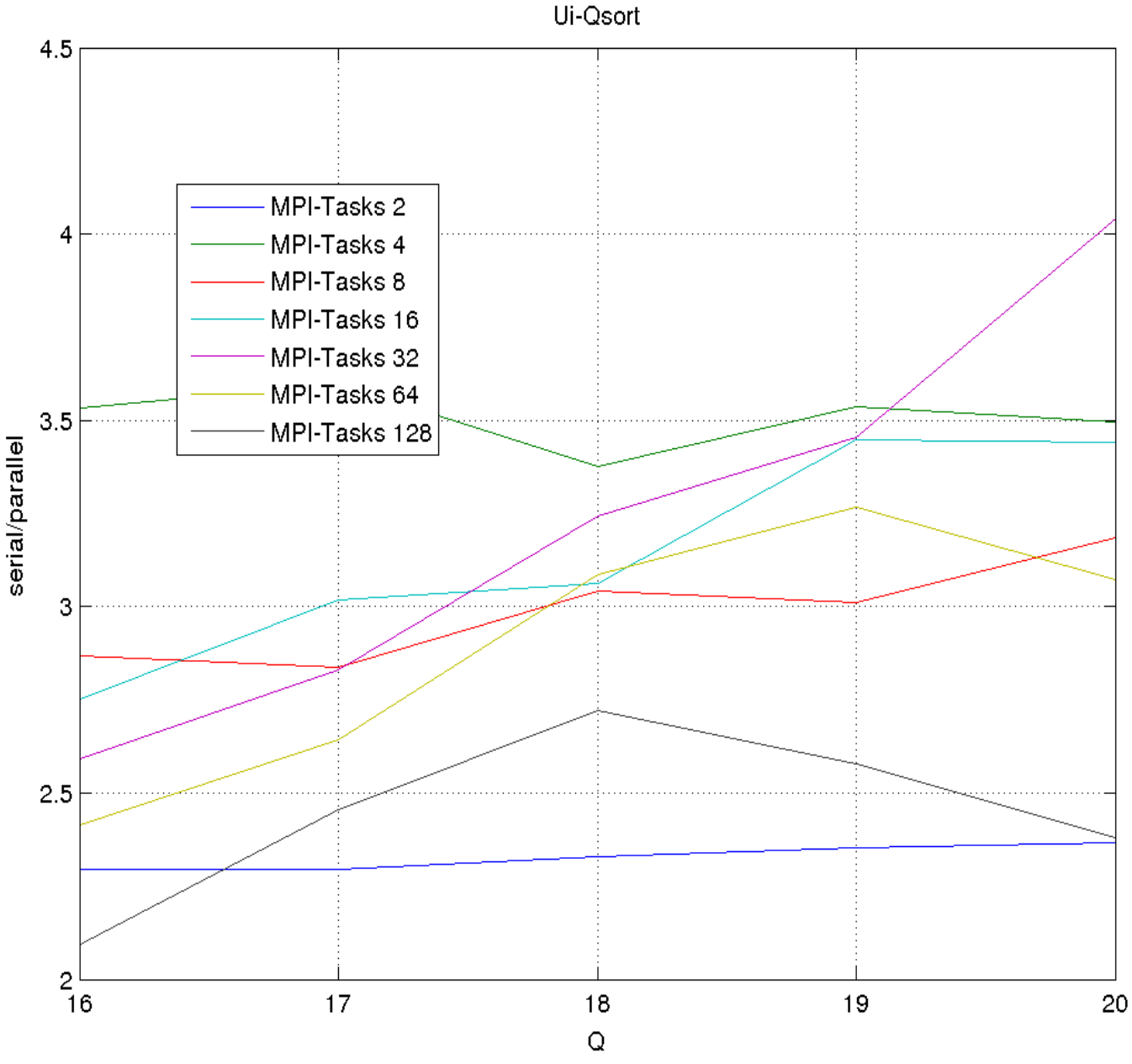
Σε αυτο το σχήμα συκρίνεται ο Παράλληλος με την Bitonic αλλά μόνο σε 1 πυρήνα



Παρατηρούμε μεγάλη βελτίωση μεχρι τα 4 procceses Έπειτα Επειδή δεν έχει άλλους πυρήνες (UI) η επικοινωνία αναμεσα στα task κοστίζει σημαντικα στην

απόδοση (στα 128 πέφτει κατω απο τα 2!)
Επίσης όσο αύξάνεται το μέγεθος του προβλήματος τόσο περισσοτερο κερδίζουμε στη παραλληλοποίηση.Καθως Η επικοινωνία πιάνει μικρότερο ποσοστο στο χρόνο

Σε αυτο το σχήμα συκρίνεται ο Παράλληλος με την qsort



Παράλληλα και Διανεμημένα Συστήματα 2η Εργασία

Παρατηρούμε βελτίωση ανάλογη τα procceses μεχρι τα 4 Έπειτα Επειδή δεν έχει άλλους πυρήνες (UI) h επικοινωνία αναμεσα στα task κοστίζει σημαντικα στην απόδοση (στα 128 κερδίζουμε όσο στα 2!)
Επίσης όσο αύξάνεται το μέγεθος του προβλήματος τόσο περισσοτερο κερδίζουμε στη παραλληλοποίηση.Καθως Η επικοινωνία πιάνει μικρότερο ποσοστο στο χρόνο