

ΜΕΤΑΓΩΓΕΙΣ ΜΕ ΕΝΤΑΜΙΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ



National Technical University of Athens



Σύνοψη

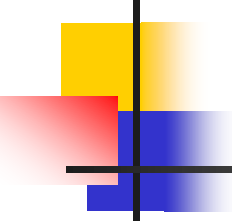
- 3 Μεταγωγείς με ενταμίευση στις μονάδες εισόδου
 - 3.1 Γενικά
 - 3.2 Θέματα επίδοσης Μεταγωγέων
 - 3.3 Μέθοδοι για τη βελτίωση της επίδοσης
 - 3.4 Αλγόριθμοι Χρονοπρογραμματισμού
 - 3.5 Εξομοίωση ενταμίευσης στις μονάδες εξόδου
 - 3.6 Αλγόριθμος Πακέτο με Μικρότερη Κατοχή Εξόδου
Πρώτο, LOOFA



Μεταγωγείς με ενταμίευση στις μονάδες εισόδου (1)

Οι μεταγωγείς με ενταμίευση στις μονάδες εισόδου διαθέτουν:

- Ενταμιευτές τόσο στις μονάδες εξόδου όσο και στις μονάδες εισόδου
- Μηχανισμούς προγραμματισμού εκπομπής πακέτου
- Τεχνικές δρομολόγησης πακέτων



Μεταγωγείς με ενταμίευση στις μονάδες εισόδου (2)

Κύρια προβλήματα:

- Περιορισμό του ρυθμού διέλευσης λόγω της φραγής από τον Επικεφαλής Σειράς (Head-Of-Line Blocking)
- Ανταγωνισμός στις μονάδες εξόδου

Αντιμετώπιση προβλημάτων:

- Αύξηση της ταχύτητας επεξεργασίας στη Μονάδα Μεταγωγής και του αριθμού των διαδρόμων δρομολόγησης προς κάθε έξοδο
- Χρήση ταχύτατων σχημάτων διαιτησίας



Διάρθρωση κεφαλαίου (1)

- Θέματα επίδοσης μεταγωγέα
 - Περιγραφή του φαινομένου φραγής του Επικεφαλής Σειράς (HOL blocking)
- Μέθοδοι για βελτίωσης της επίδοσης
 - Αύξηση της εσωτερικής χωρητικότητας
 - Πολλαπλές γραμμές ανά είσοδο
 - Επιτάχυνση
 - Παράλληλος μεταγωγέας
 - Βελτιώσεις του FIFO
 - Μηχανισμός Παραθύρου στις εξόδους
 - Εικονικές Ουρές Εξόδου





Διάρθρωση κεφαλαίου (2)

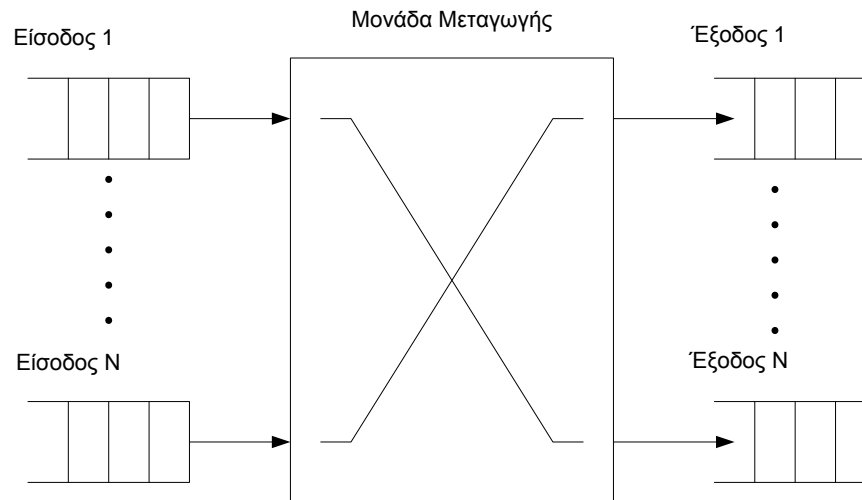
- Αλγόριθμοι χρονοπρογραμματισμού – Σχήματα διαιτησίας
 - Παράλληλη Επαναληπτική Αντιστοίχιση, PIM
 - Επαναληπτική Αντιστοίχιση με Κυκλική Εναλλαγή, iRRM
 - Επαναληπτική Κυκλική Εναλλαγή με SLIP, iSLIP
 - Αντιστοίχιση με Διπλή Κυκλική Εναλλαγή, DRRM
- Εξομοίωση ενταμίευσης στις μονάδες εξόδου
 - Αλγόριθμος Πιο Επείγον Πακέτο Πρώτο, MUCFA
 - Αλγόριθμοι χρονοπρογραμματισμού με Λίστα Προτεραιότητας
 - Το Κρίσιμο Πακέτο Πρώτο, CCF
 - Τελευταίο Μέσα, Μέγιστη Προτεραιότητα, LIHP
- Αλγόριθμος Πακέτο με Μικρότερη Κατοχή Εξόδου Πρώτο, LOOFA



Μοντέλο μεταγωγέα

Ένας απλός μεταγωγέας αποτελείται από:

- Μονάδα Μεταγωγής: μεταφορά πακέτων από τις εισόδους στις εξόδους
- Μονάδες Εισόδου: ενταμίευση αφιχθέντων πακέτων
- Μονάδες Εξόδου: ενταμίευση πακέτων έτοιμων για μετάδοση στο μέσο





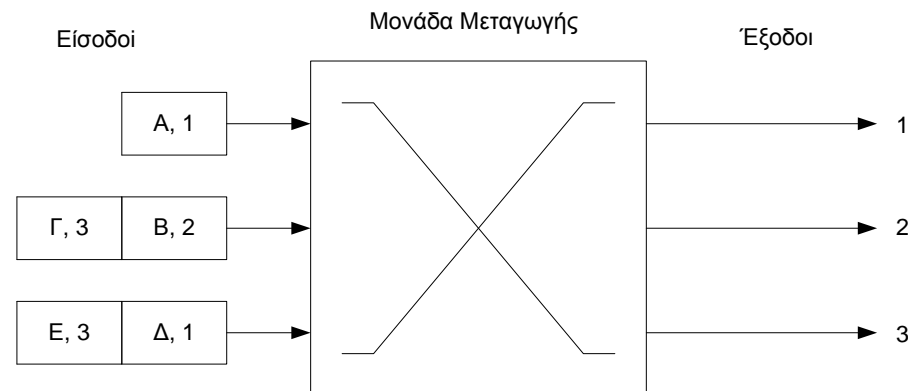
Φραγή του Επικεφαλής Σειράς (1)

Στην περίπτωση ουρών FIFO στις Μονάδες Εισόδου:

- Λόγω της ουράς FIFO στις εισόδους, μόνο τα πακέτα Επικεφαλής Σειράς (Head-Of-Line) μπορούν να μεταδοθούν σε κάθε χρονικής θυρίδα
- Φαινόμενο Φραγής του Επικεφαλής Σειράς: όταν λόγω ανταγωνισμού δεν μεταδοθεί ο Επικεφαλής Σειράς, τα υπόλοιπα πακέτα της ουράς μπλοκάρονται, κάποια από τα οποία μπορεί να κατευθύνονται σε άδειες εξόδους
- Αποτέλεσμα: μείωση του ρυθμού διέλευσης του μεταγωγέα

Φραγή του Επικεφαλής Σειράς (2)

Παράδειγμα Φραγής του Επικεφαλής Σειράς:



- Τα πακέτα επικεφαλής σειράς A και Δ είναι ανταγωνιστικά πακέτα γιατί κατευθύνονται στην ίδια έξοδο 1. Θα μεταδοθεί το A.
- Το πακέτο B θα μεταδοθεί αφού δεν υπάρχει ανταγωνισμός για την έξοδο 2.
- Το E δεν μπορεί να μεταδοθεί γιατί μπλοκάρεται από το πακέτο Δ (φραγή του επικεφαλής σειράς).
- Το Γ δεν θα μεταδοθεί, αφού θα μεταδοθεί το πακέτο επικεφαλής σειράς B.

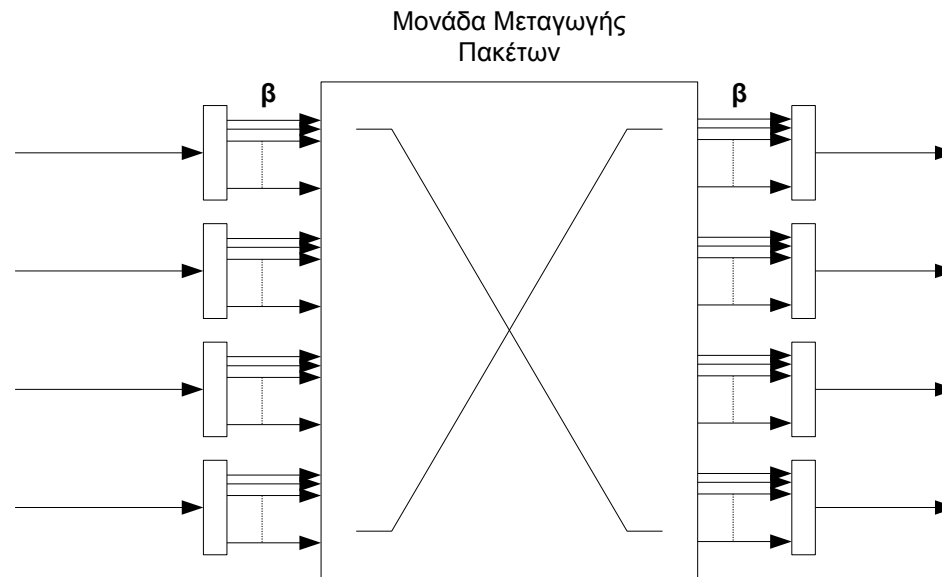


Μέθοδοι βελτίωσης της απόδοσης

- Αύξηση της εσωτερικής χωρητικότητας
 - Πολλαπλές γραμμές ανά είσοδο
 - Επιτάχυνση
 - Παράλληλος μεταγωγέας
- Βελτιώσεις του FIFO
 - Μηχανισμός Παραθύρου στις εξόδους
 - Εικονικές Ουρές Εξόδου

Αύξηση της εσωτερικής χωρητικότητας (1)

- Πολλαπλές γραμμές ανά είσοδο
 - Στην ίδια χρονική θυρίδα κάθε Μονάδα εισόδου μπορεί να στείλει δύο ή περισσότερα πακέτα στη μονάδα μεταγωγής



Αύξηση της εσωτερικής χωρητικότητας (2)

- Επιτάχυνση
 - Η Μονάδα Μεταγωγής λειτουργεί γ φορές ταχύτερα από τις μονάδες εισόδου και τις μονάδες εξόδου, όπου γ ονομάζεται παράγοντας επιτάχυνσης
 - Κάθε είσοδος ή έξοδος μπορεί να μεταδώσει ή να δεχθεί αντίστοιχα γ πακέτα σε κάθε χρονική θυρίδα
 - Ένας μεταγωγέα με $\gamma = 2$, επιτυγχάνει ρυθμό διέλευσης 1
- Παράλληλος Μεταγωγέας
 - Η Μονάδα Μεταγωγής αποτελείται από K ταυτόσημα επίπεδα μεταγωγής
 - Κάθε επίπεδο μεταγωγής έχει τους δικούς του ενταμιευτές εισόδου αλλά μοιράζεται τους ενταμιευτές εξόδου με τα άλλα επίπεδα μεταγωγής
 - Ένας μεταγωγέας με 2 επίπεδα μεταγωγής επιτυγχάνει ρυθμό διέλευσης 1



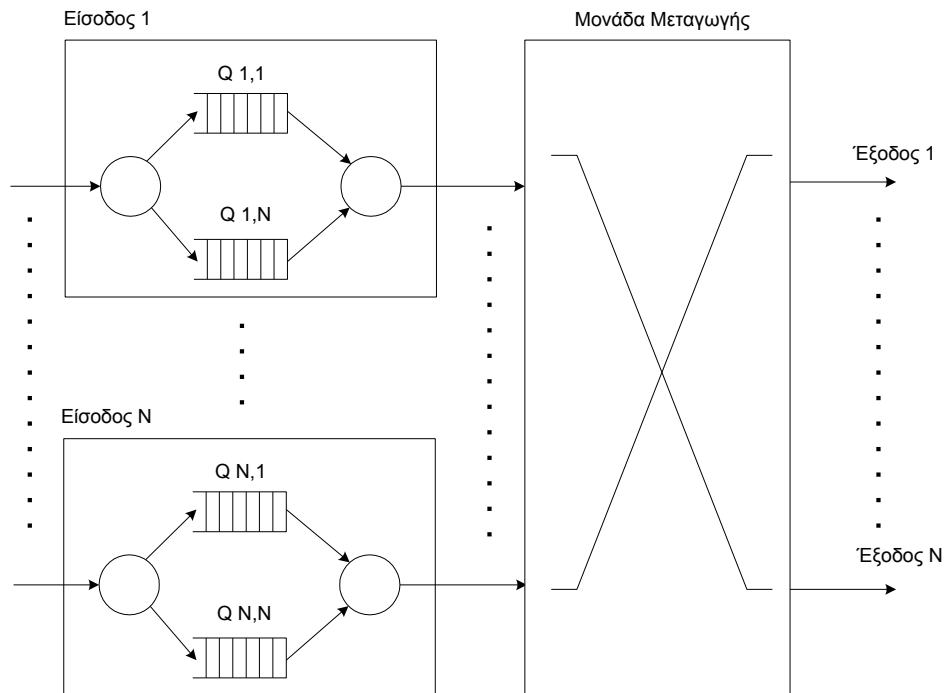


Βελτιώσεις του FIFO (1)

- Μηχανισμός Παραθύρου στις Εισόδους
 - Στην αρχή κάθε χρονικής θυρίδας τα πρώτα w πακέτα κάθε ουράς εισόδου, όπου w η τιμή του παραθύρου, ανταγωνίζονται διαδοχικά για την μεταφορά τους στις μονάδες εξόδου
 - Όταν η τιμή του παραθύρου είναι $w=1$ τότε καταλήγουμε στο σχήμα FIFO
- Εικονικές Ουρές Εξόδου (1)
 - Δημιουργία σε κάθε είσοδο μιας ουράς FIFO για κάθε έξοδο
 - Σε ποιο πολύπλοκες εκδόσεις του αλγορίθμου, για να γίνει πιο αποδοτικός ο χρονοπρογραμματισμός, χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι αντιστοίχισης: α) πλήρης β) μέγιστη και γ) σταθερή αντιστοίχιση

Βελτιώσεις του FIFO (2)

- Εικονικές Ουρές Εξόδου (2)





Αλγόριθμοι χρονοπρογραμματισμού

- Παράλληλη Επαναληπτική Αντιστοίχιση, PIM: χρησιμοποιεί το μηχανισμό της τυχαίας επιλογής για την επιλογή των εισόδων και των εξόδων
- Επαναληπτική Αντιστοίχιση με Κυκλική Εναλλαγή, iRRM: χρησιμοποιεί μηχανισμό κυκλικής εναλλαγής για την επιλογή των εισόδων και των εξόδων
- Επαναληπτική Κυκλική Εναλλαγή με SLIP, iSLIP: Όμοιος με iRRM, με τη διαφορά ότι οι δείκτες παραχώρησης αλλάζουν τη θέση τους μόνο όταν οι αντίστοιχες αιτήσεις τους γίνουν δεκτές
- Αντιστοίχιση με Διπλή Κυκλική Εναλλαγή, DRRM: Όμοιος με iSLIP, με τη διαφορά ότι η επιλογή κυκλικής εναλλαγής αρχίζει από τις εισόδους





Παράλληλη Επαναληπτική Αντιστοίχιση, PIM (1)

Χαρακτηριστικά του αλγορίθμου:

- Χρησιμοποιεί το μηχανισμό της τυχαίας επιλογής για να λύσει το φαινόμενο του ανταγωνισμού μεταξύ των πακέτων στις εισόδους και τις εξόδους.
- Αρχικά τα πακέτα στις μονάδες εισόδου αποθηκεύονται σε Εικονικές Ουρές Εξόδου (VOQ).
- Κάθε επανάληψη του αλγορίθμου αποτελείται από τρία βήματα.
- Όλες οι εισοδοί και εξοδοί αρχικά δεν έχουν καμιά αντιστοίχιση, και μόνο οι εισοδοί και οι εξοδοί που δεν συμμετείχαν σε αντιστοίχιση στην προηγούμενη επανάληψη μπορούν να συμμετέχουν στην επόμενη.





Παράλληλη Επαναληπτική Αντιστοίχιση, PIM (2)

Κάθε επανάληψη του αλγόριθμου αποτελείται από τρία βήματα:

1. Κάθε είσοδος που δεν συμμετέχει σε αντιστοίχιση στέλνει μια αίτηση σε κάθε έξοδο για την οποία έχει πακέτο που περιμένει στην ουρά για να μεταφερθεί.
2. Όταν μια έξοδος που δεν συμμετέχει σε αντιστοίχιση λαμβάνει περισσότερες από μία αιτήσεις αποστολής, τότε επιλέγει να κάνει κράτηση τυχαία για μια από αυτές. Όλες οι αιτήσεις έχουν την ίδια πιθανότητα να γίνουν αποδεκτές.
3. Όταν μια είσοδος λαμβάνει περισσότερες από μία αιτήσεις παραλαβής από εξόδους, τότε επιλέγει να αποδεχθεί τυχαία μια από αυτές.

Παράλληλη Επαναληπτική Αντιστοίχιση, PIM (3)

Παράδειγμα Παράλληλης Επαναληπτικής Αντιστοίχισης

Είσοδος 1

$T(1,1) = 1$
 $T(1,2) = 4$

Είσοδος 2

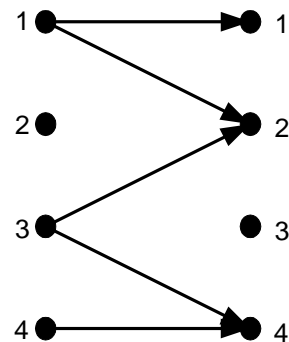
Είσοδος 3

$T(3,2) = 2$
 $T(3,4) = 1$

Είσοδος 4

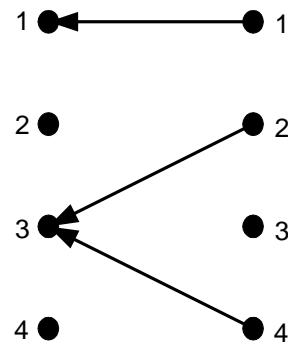
$T(4,4) = 3$

Είσοδοι Έξοδοι



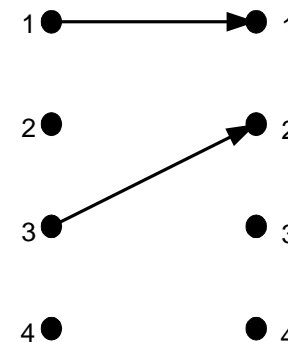
Βήμα 1:
Αιτήσεις

Είσοδοι Έξοδοι



Βήμα 2:
Κράτηση

Είσοδοι Έξοδοι



Βήμα 3:
Αποδοχή

Ο συμβολισμός $T(\kappa, \lambda) = \mu$ σημαίνει ότι υπάρχουν μ πακέτα στην Εικονική Ουρά Εξόδου που κατευθύνονται από την είσοδο κ στην έξοδο λ .





Επαναληπτική Αντιστοίχιση με Κυκλική Εναλλαγή, iRRM

Χαρακτηριστικά του αλγορίθμου:

- Χρησιμοποιεί μηχανισμό κυκλικής εναλλαγής και όχι τυχαίας επιλογής για την επιλογή των εισόδων και των εξόδων.
- Κάθε μηχανισμός διαιτησίας διατηρεί ένα δείκτη που δείχνει τη θύρα με τη μεγαλύτερη προτεραιότητα. Αυτός ο δείκτης ονομάζεται δείκτης αποδοχής α_i στην είσοδο και δείκτης παραχώρησης β_i στην έξοδο.
- Ο αλγόριθμος λειτουργεί ως εξής:
 1. Κάθε είσοδος που δεν συμμετέχει σε αντιστοίχιση στέλνει μια αίτηση αποστολής σε κάθε έξοδο για την οποία έχει πακέτο που περιμένει στην ουρά για να μεταφερθεί.
 2. Όταν μια έξοδος που δεν συμμετέχει σε αντιστοίχιση λαμβάνει περισσότερες από μία αιτήσεις, τότε επιλέγει την αίτηση που βρίσκεται σε επόμενη θέση στο σχήμα κυκλικής εναλλαγής, ξεκινώντας από τη θέση μέγιστης προτεραιότητας. Η έξοδος ειδοποιεί όλες τις αιτούμενες εισόδους για το αν έγινε δεκτή ή όχι η αίτηση τους. Ο δείκτης παραχώρησης αυξάνεται και τοποθετείται μία θέση πάνω από την θέση της εισόδου στην οποία έγινε η κράτηση.



Παράδειγμα iRRM (1)

Είσοδος 1

$$T(1,1) = 1$$

$$T(1,2) = 4$$

Είσοδος 2

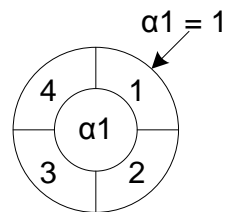
Είσοδος 3

$$T(3,2) = 2$$

$$T(3,4) = 1$$

Είσοδος 4

$$T(4,4) = 3$$



Δείκτες Αποδοχής

Είσοδος

1

2

3

4

Έξοδος

1

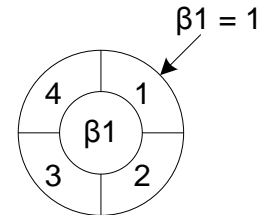
2

3

4

Αίτηση

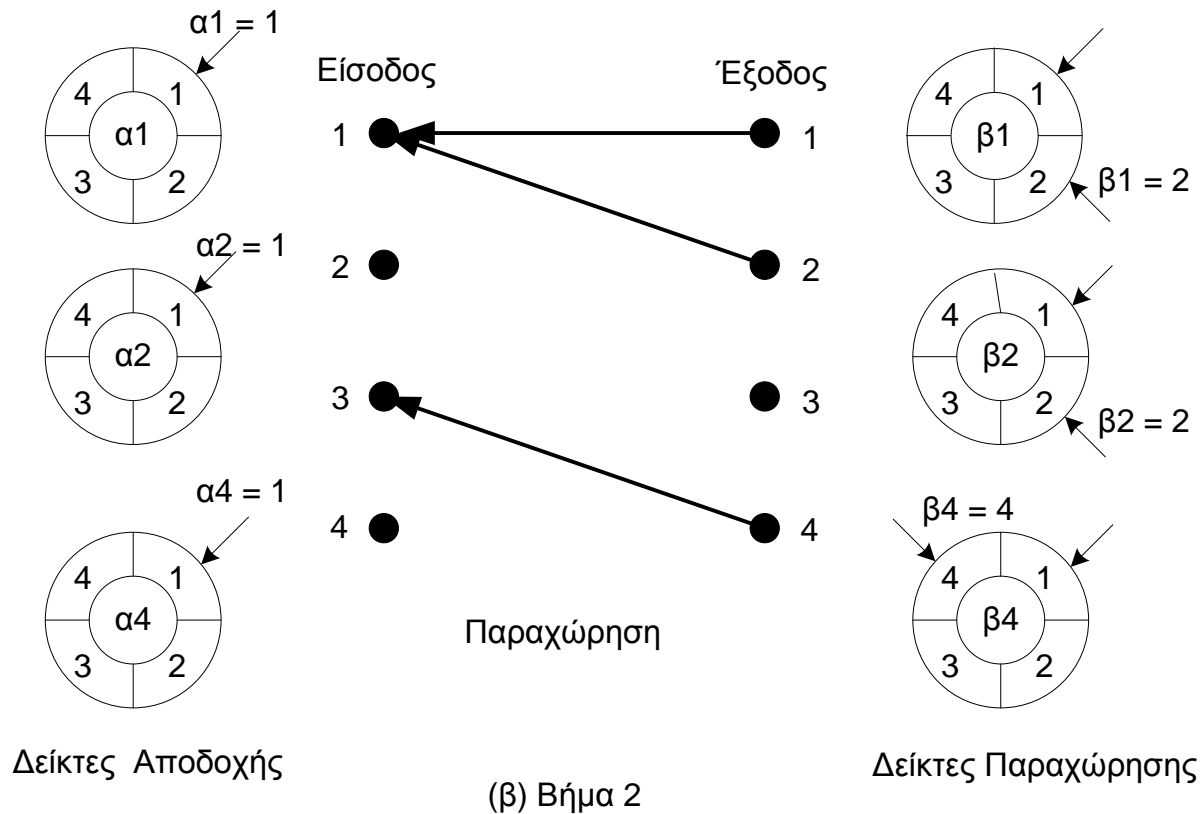
(α) Βήμα 1



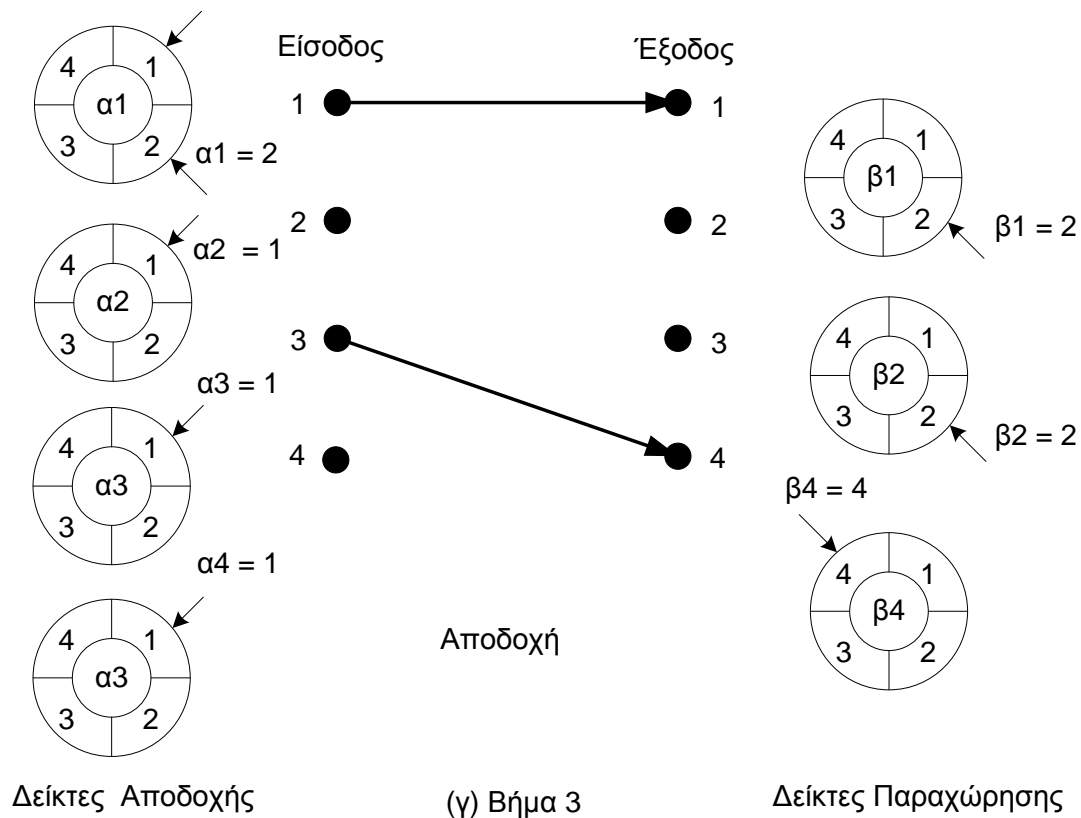
Δείκτες Παραχώρησης

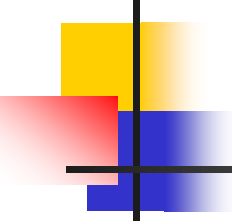


Παράδειγμα iRRM (2)



Παράδειγμα iRRM (3)





Επαναληπτική Κυκλική Εναλλαγή με SLIP, iSLIP (1)

Χαρακτηριστικά του αλγόριθμου:

- Χρησιμοποιεί μηχανισμό κυκλικής εναλλαγής, αλλά με τη διαφορά ότι οι δείκτες παραχώρησης αλλάζουν τη θέση τους μόνο όταν οι αντίστοιχες αιτήσεις τους γίνουν δεκτές.
- Κάθε επανάληψη του αλγορίθμου αποτελείται από τέσσερα βήματα.
- Αποτρέπεται η μονοπώληση του εύρους ζώνης από μια ροή σε βάρος κάποιων άλλων.
- Ο ρυθμός διέλευσης που επιτυγχάνεται είναι 1 για οποιοδήποτε αριθμό επαναλήψεων εξαιτίας του φαινομένου του αποσυγχρονισμού



Επαναληπτική Κυκλική Εναλλαγή με SLIP, iSLIP (2)

Κάθε επανάληψη του αλγόριθμου αποτελείται από τέσσερα βήματα:

1. Κάθε είσοδος που δεν συμμετέχει σε αντιστοίχιση στέλνει μια αίτηση σε κάθε έξοδο για την οποία έχει πακέτο που περιμένει στην ουρά για να μεταφερθεί.
2. Όταν μια έξοδος που δεν συμμετέχει σε αντιστοίχιση λάβει περισσότερες από μία αιτήσεις, δέχεται αυτή που βρίσκεται πιο κοντά στη θέση μέγιστης προτεραιότητας σε ένα σχήμα κυκλικής εναλλαγής. Η έξοδος ειδοποιεί κάθε είσοδο για το αν έγινε δεκτή ή όχι η αίτησή της.
3. Όταν μια είσοδος λάβει περισσότερες από μία αιτήσεις, δέχεται αυτή που βρίσκεται πιο κοντά στη θέση μέγιστης προτεραιότητας σε ένα σχήμα κυκλικής εναλλαγής. Ο δείκτης αποδοχής αυξάνεται και μετακινείται στην επόμενη θέση της θέσης της εξόδου που έγινε δεκτή. Επίσης ο δείκτης αποδοχής αλλάζει μόνο κατά την πρώτη επανάληψη.
4. Ο δείκτης παραχώρησης βί αλλάζει μόνο αν η αίτηση της εξόδου γίνει δεκτή από την είσοδο κατά τη διάρκεια του τρίτου βήματος της πρώτης επανάληψης. Σε μια τέτοια περίπτωση ο δείκτης βί αυξάνεται και μετακινείται στην επόμενη θέση της θέσης της εισόδου που έγινε δεκτή. Αντίστοιχα με το δείκτη αποδοχής, ο δείκτης παραχώρησης αλλάζει μόνο στην πρώτη επανάληψη.



Παράδειγμα iSLIP (1)

Είσοδος 1

$$T(1,1) = 1$$

$$T(1,2) = 4$$

Είσοδος 2

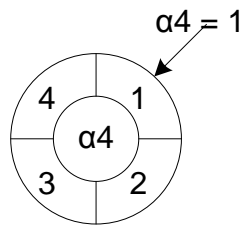
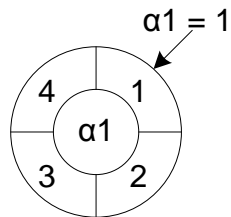
Είσοδος 3

$$T(3,2) = 2$$

$$T(3,4) = 1$$

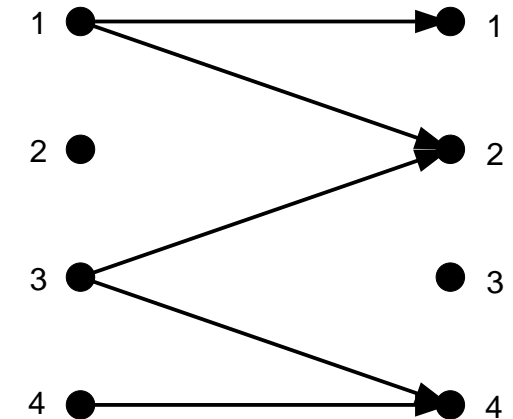
Είσοδος 4

$$T(4,4) = 3$$



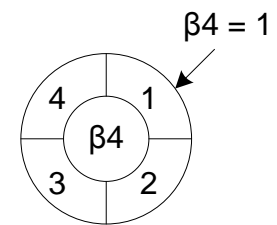
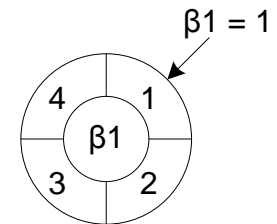
Δείκτες Αποδοχής

Είσοδος



Αίτηση

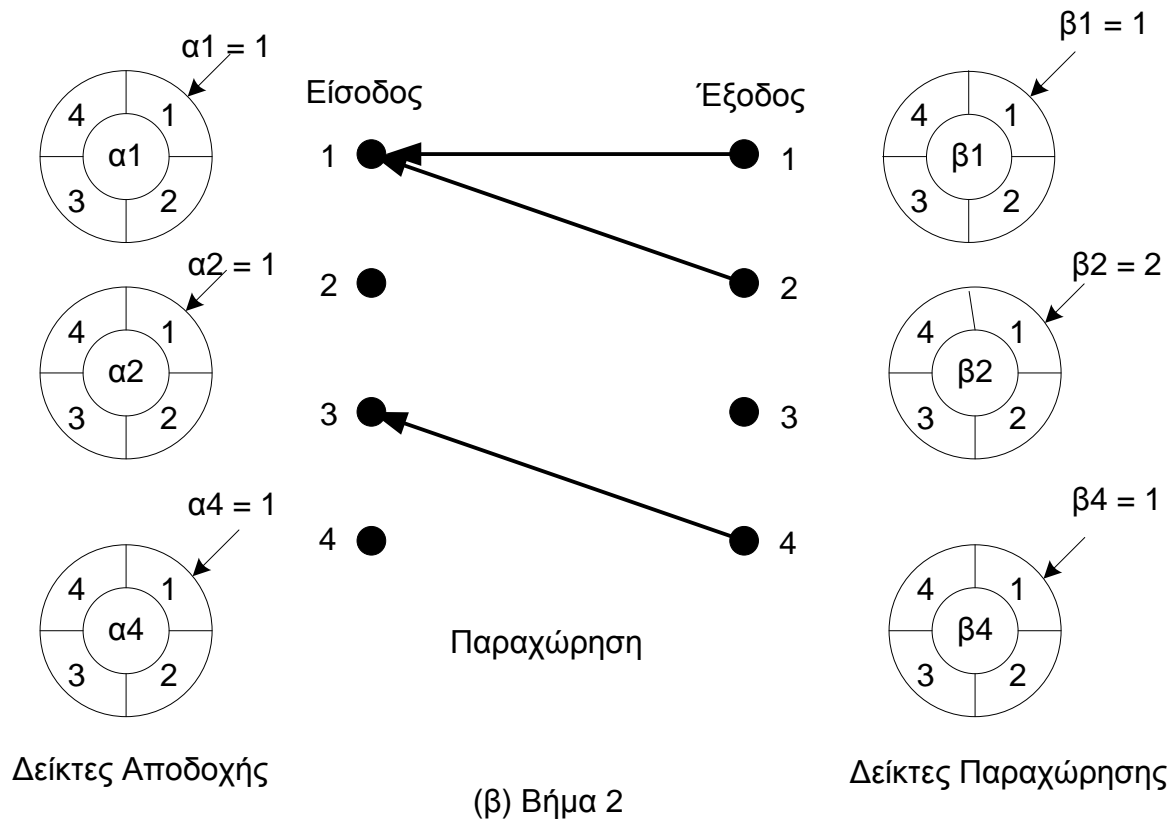
(α) Βήμα 1



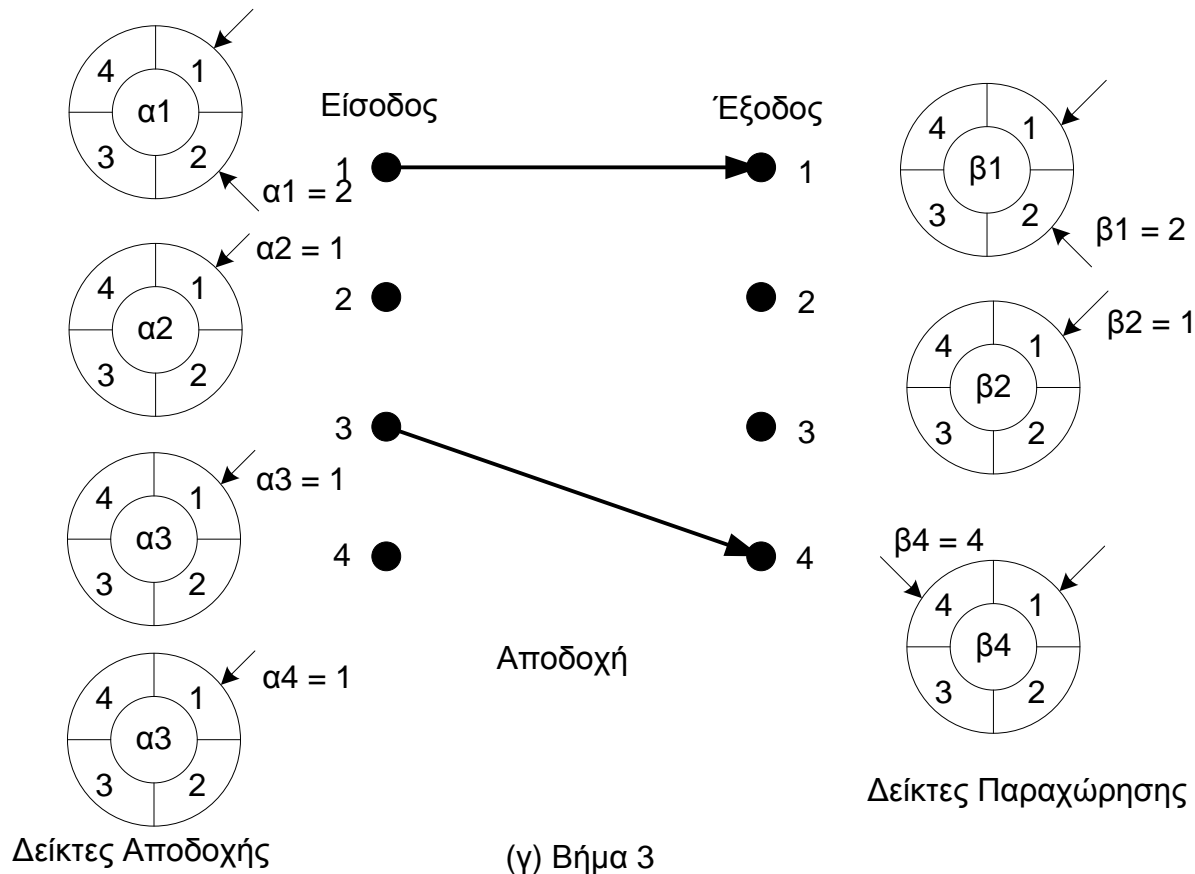
Δείκτες Παραχώρησης



Παράδειγμα iSLIP (2)



Παράδειγμα iSLIP (3)





Αντιστοίχιση με Διπλή Κυκλική Εναλλαγή, DRRM (1)

Χαρακτηριστικά αλγορίθμου:

- Χρησιμοποιεί μηχανισμό κυκλικής εναλλαγής, αλλά με τη με τη διαφορά ότι η επιλογή κυκλικής εναλλαγής αρχίζει από τις εισόδους.
- Σε κάθε είσοδο χρησιμοποιείται ένας μηχανισμός διαιτησίας για την επιλογή μιας Εικονικής Ουράς Εξόδου (VOQ) σύμφωνα με το σχήμα της κυκλικής εναλλαγής.
- Κάθε επανάληψη του αλγορίθμου αποτελείται από τέσσερα βήματα.





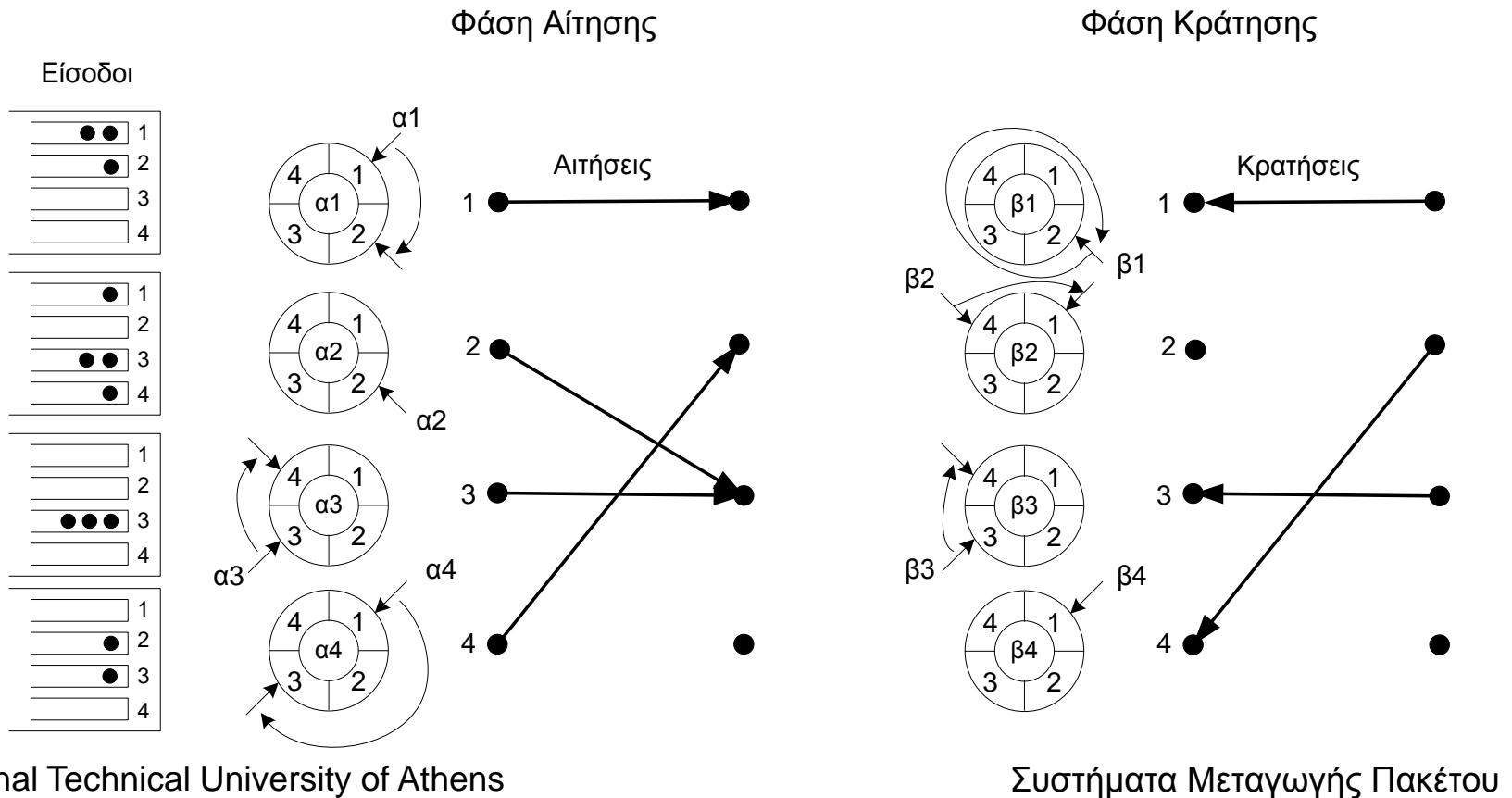
Αντιστοίχιση με Διπλή Κυκλική Εναλλαγή, DRRM (2)

Κάθε επανάληψη του αλγόριθμου αποτελείται από τέσσερα βήματα:

1. Κάθε μηχανισμός διαιτησίας στην μονάδα εισόδου, πραγματοποιεί επιλογή της αίτησης που θα στείλει.
2. Η επιλεγμένη αίτηση στέλνεται στον αντίστοιχο μηχανισμό διαιτησίας της μονάδας εξόδου για την οποία προορίζεται το πακέτο.
3. Κάθε μηχανισμός διαιτησίας της εξόδου επιλέγει την αίτηση σύμφωνα με σχήμα κυκλικής εναλλαγής.
4. Οι έξοδοι στέλνουν μηνύματα αποδοχής των αιτήσεων στις αντίστοιχες εισόδους

Αντιστοίχιση με Διπλή Κυκλική Εναλλαγή, DRRM (3)

Παράδειγμα DRRM:





Εξομοίωση ενταμίευσης στις μονάδες εξόδου

Εξομοίωση ενταμίευσης στις μονάδες εξόδου (Output-Queuing Emulation): τεχνική χρήσης ειδικών σχημάτων χρονοπρογραμματισμού που στοχεύουν να κάνουν τους μεταγωγείς με ενταμίευση στις μονάδες εισόδου να συμπεριφέρονται όπως οι μεταγωγείς με ενταμίευση στις μονάδες εξόδου

- Αλγόριθμος Πιο Επείγον Πακέτο Πρώτο, MUCFA
- Αλγόριθμοι χρονοπρογραμματισμού με Λίστα Προτεραιότητας
 - Το Κρίσιμο Πακέτο Πρώτο, CCF
 - Τελευταίο Μέσα, Μέγιστη Προτεραιότητα, LIHP



Αλγόριθμος Πιο Επείγον Πακέτο

Πρώτο, MUCFA (1)

- Χρονοπρογραμματίζει την μετάδοση κάθε πακέτου ανάλογα με το πόσο επείγον είναι (βαθμός επιτακτικότητας)
- Ο βαθμός επιτακτικότητας, ονομάζεται Χρόνος Για Αναχώρηση (time to leave) και ορίζεται ως ο χρόνος μεταξύ της τρέχουσας χρονικής στιγμής και της χρονικής στιγμής κατά την οποία το πακέτο αναμένεται να αποχωρήσει από το μεταγωγέα
- Στο σχήμα FIFO, ο βαθμός επιτακτικότητας του πακέτου σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή ισούται με τον αριθμό των πακέτων που βρίσκονται μπροστά του στον ενταμιευτή εξόδου



Αλγόριθμος Πιο Επείγον Πακέτο

Πρώτο, MUCFA (2)

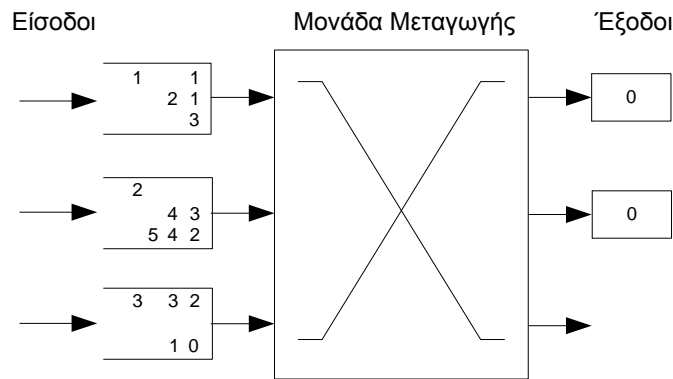
Υλοποίηση του αλγορίθμου:

1. Στην αρχή κάθε φάσης κάθε μονάδα εξόδου στέλνει μια αίτηση για το πιο επείγον πακέτο (αυτό με την μικρότερη τιμή TL) στην αντίστοιχη μονάδα εισόδου.
2. Εάν μια μονάδα εισόδου λάβει περισσότερες από μία αιτήσεις θα επιλέξει εκείνη που αντιστοιχεί στο πακέτο με τη μικρότερη τιμή του Χρόνου Για Αναχώρηση. Αν συμβεί δύο ή περισσότερα πακέτα να έχουν την ίδια τιμή, τότε η μονάδα εισόδου επιλέγει ένα από αυτά με τη βοήθεια κάποιου σχήματος επιλογής. Για παράδειγμα μπορεί να επιλέξει την έξοδο με το μικρότερο αριθμό ή να χρησιμοποιήσει σχήμα Κυκλικής Εναλλαγής (RR).
3. Οι μονάδες εξόδου που δεν επιλέχθηκαν στην παρούσα φάση στέλνουν αίτηση για το επόμενο πιο επείγον πακέτο στην αντίστοιχη μονάδα εισόδου.
4. Τα παραπάνω βήματα επαναλαμβάνονται μέχρι να ολοκληρωθούν όλες οι πιθανές αντιστοιχίσεις. Τότε τα πακέτα μεταφέρονται και ο αλγόριθμος ξαναρχίζει.

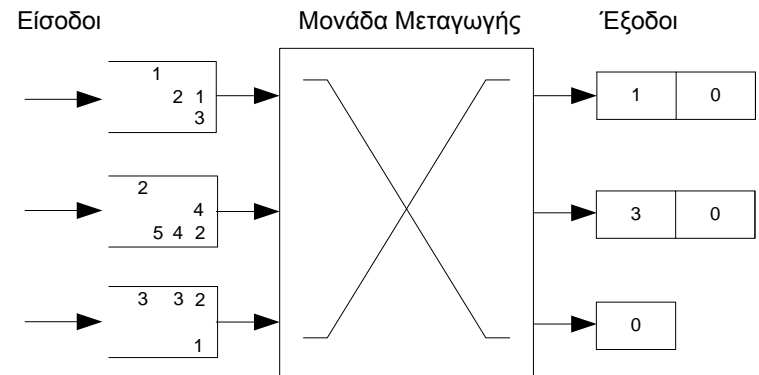


Αλγόριθμος Πιο Επείγον Πακέτο

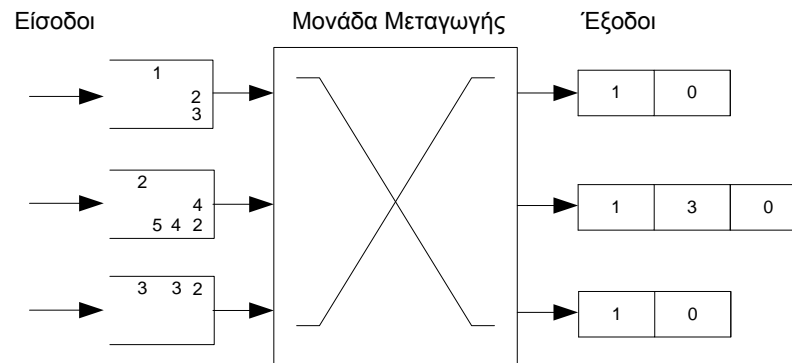
Πρώτο, MUCFA (3)



(α)



(β)



(γ)

