

## Διάλεξη 7: Εκλογή Προέδρου με Σφάλματα

ΕΠΛ 432: Κατανεμημένοι Αλγόριθμοι



# Τι θα δούμε σήμερα

- Ο Αλγόριθμος του Νταή (Bully Algorithm)
- Ο Αλγόριθμος Πρόσκλησης (Invitation Algorithm)
- [Garcia Molina 1982]

# Ανασκόπηση

- Μέχρι στιγμής είδαμε εκλογή προέδρου
  - Σε δακτύλιους
  - Χωρίς σφάλματα επεξεργαστών
- Σήμερα θα δούμε εκλογή προέδρου
  - Σε συνδεδεμένο γράφο όπου οι επεξεργαστές μπορεί να υποστούν σφάλματα κατάρευσης και επανεκκίνησης

# Σφάλματα

- **Σφάλμα Κατάρρευσης:**
  - Ένας επεξεργαστής καταρρέει σε μια εκτέλεση  $E$  όταν σταματά να εκτελεί υπολογιστικά βήματα στην  $E$ .
- **Σφάλμα Επανεκκίνησης:**
  - Ένας επεξεργαστής επανεκκινεί σε μια εκτέλεση  $E$ , αν ο επεξεργαστής κατέρρευσε στην  $E$  και στην συνέχεια ξεκίνησε να εκτελεί υπολογιστικά βήματα στην  $E$ .

# Υποθέσεις

- Μοντέλο: Σύγχρονο
  - Με χρήση timeouts για εντοπισμό σφαλμάτων
- Καθολική γνώση
  - Κάθε επεξεργαστής γνωρίζει όλες τις ταυτότητες που υπάρχουν στον γράφο
- Επικοινωνία
  - Σημείο-προς-σημείο μεταξύ όλων των επεξεργαστών
- Σφάλματα
  - Κατάρρευσης
  - Επανεκκίνησης

# Τύποι Μηνυμάτων

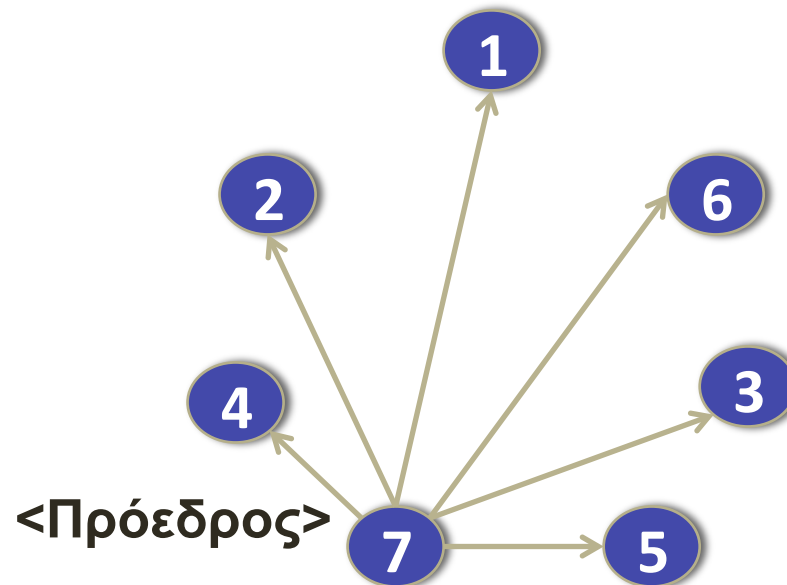
- Μήνυμα <Εκλογή>
  - Ανακοινώνει την αίτηση για έναρξη εκλογής νέου προέδρου
- Μήνυμα <OK>
  - Απάντηση στο μήνυμα <Εκλογή> και αποδοχή νέας εκλογής
- Μήνυμα <Πρόεδρος>
  - Ανακοίνωση εκλεγέντος προέδρου, προσδιορίζοντας τον αριθμό ταυτότητας του

# Αλγόριθμος του Νταή

- Αλγόριθμος επεξεργαστή με  $AT=\chi$

- Αρχικά αν  $\chi$  είναι το μεγαλύτερο  $AT$  στο γράφο στείλε  $\langle \text{Πρόεδρος} \rangle$  σε όλους
- Αν  $\psi$  είναι το μεγαλύτερο  $AT$  στον γράφο περίμενε να λάβεις μήνυμα από  $\psi$
- Αν πέρασε χρόνος  $T$  και δεν έλαβες μήνυμα από τον Πρόεδρο τότε ξεκίνα τη διαδικασία εκλογής:
  - Στείλε μήνυμα  $\langle \text{Εκλογή} \rangle$  σε κάθε επεξεργαστή με  $AT=z$  τ.ω.  $z > \chi$ .
  - Αν κάποιος από αυτούς τους επεξεργαστές απαντήσει με  $\langle \text{OK} \rangle$  τότε περίμενε να ακούσεις το μήνυμα του προέδρου
  - Αλλιώς αν περάσει χρόνος  $T$  και δεν απάντησε κανένας τότε κερδίσεις εσύ την εκλογή και στέλνεις μήνυμα  $\langle \text{Προεδρος} \rangle$  σε όλους.
- Αν λάβεις μήνυμα  $\langle \text{Εκλογή} \rangle$  απάντα με  $\langle \text{OK} \rangle$  στον αποστολέα και ξεκίνα τη διαδικασία εκλογής
- Αν λάβεις μήνυμα  $\langle \text{Πρόεδρος} \rangle$  από τον  $\psi$  όπου  $\psi < \chi$  τότε ξεκίνα την διαδικασία εκλογής (κάνε τον νταή)

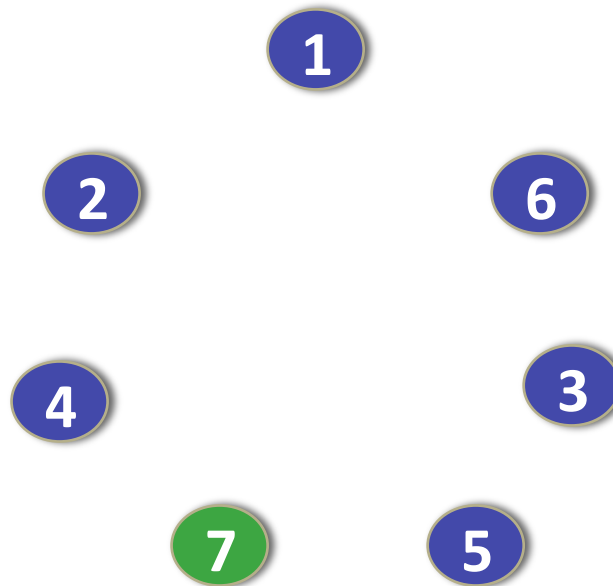
# Παράδειγμα εκτέλεσης



- Αρχικά ο επεξεργαστής 7 στέλνει <Πρόεδρος> σε όλους και ανακηρύσσεται πρόεδρος

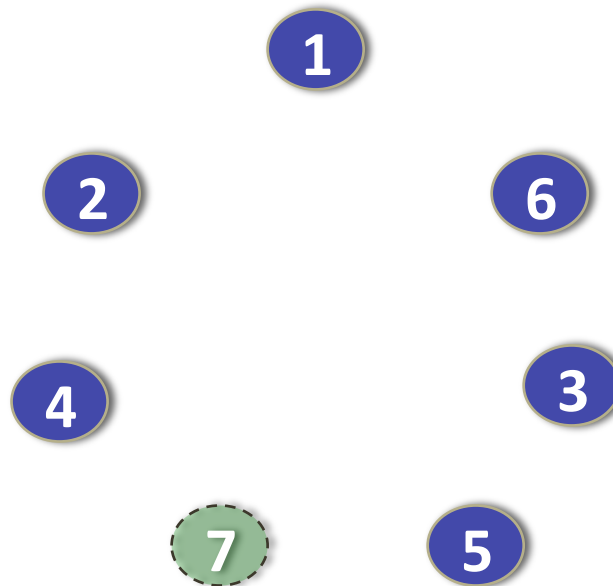


# Παράδειγμα εκτέλεσης



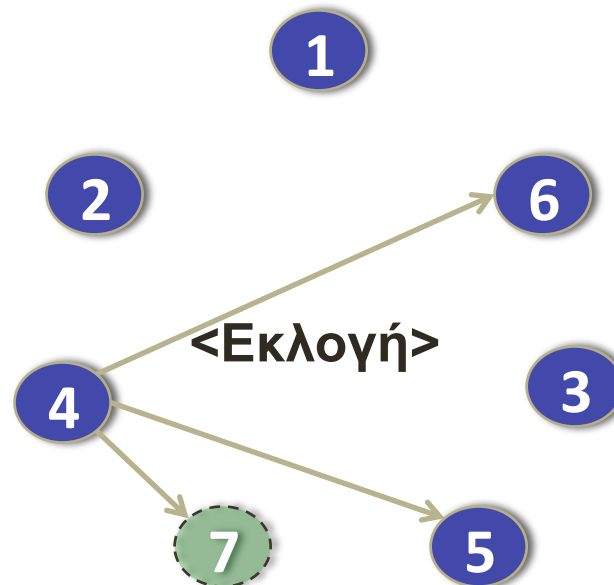
- Αρχικά ο επεξεργαστής 7 στέλνει  $\langle \text{Πρόεδρος}, 7 \rangle$  σε όλους και ανακηρύσσεται πρόεδρος

# Παράδειγμα εκτέλεσης



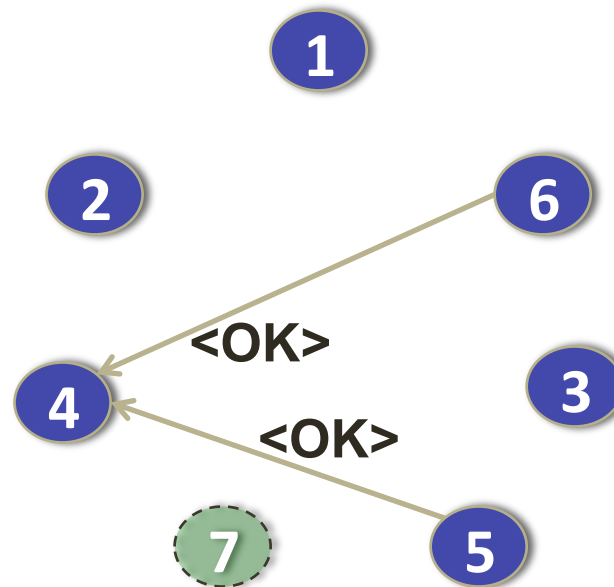
- Αν ο 7 καταρρεύσει τότε κάποιος από τους άλλους επεξεργαστές θα εντοπίσει την κατάρρευσή του σε χρόνο  $T$ . Έστω ο κόμβος 4.

# Παράδειγμα εκτέλεσης



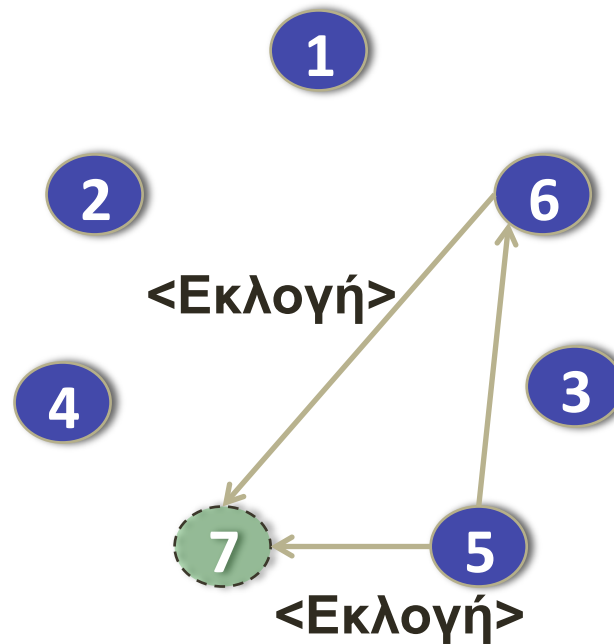
- Τότε ο 4 ξεκινά την **διαδικασία εκλογής** στέλνοντας μήνυμα <Εκλογή> σε όλους τους κόμβους με μεγαλύτερο ΑΤ από αυτόν (ακόμα και στον 7).

# Παράδειγμα εκτέλεσης



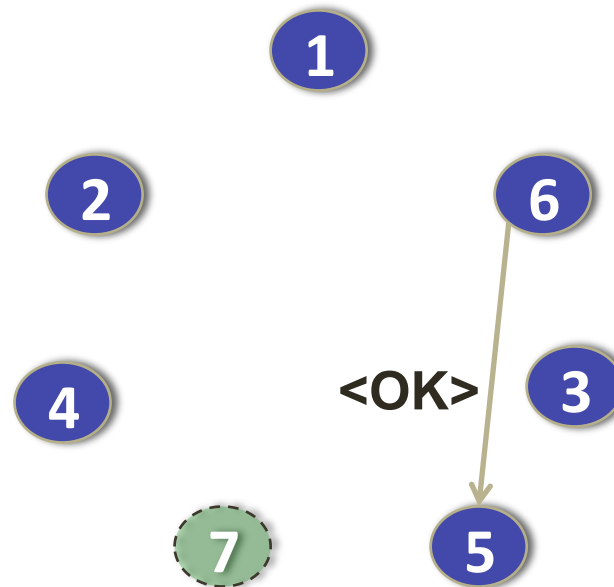
- Οι ζωντανοί κόμβοι απαντούν με <OK> για να δείξουν ότι είναι ακόμη ζωντανοί...

# Παράδειγμα εκτέλεσης



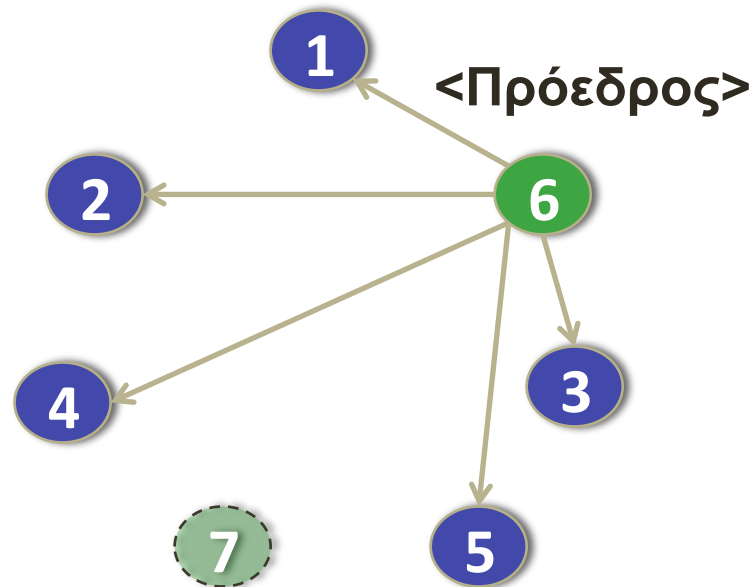
- ...και ακολούθως ξεκινούν με την σειρά τους την διαδικασία εκλογής...

# Παράδειγμα εκτέλεσης



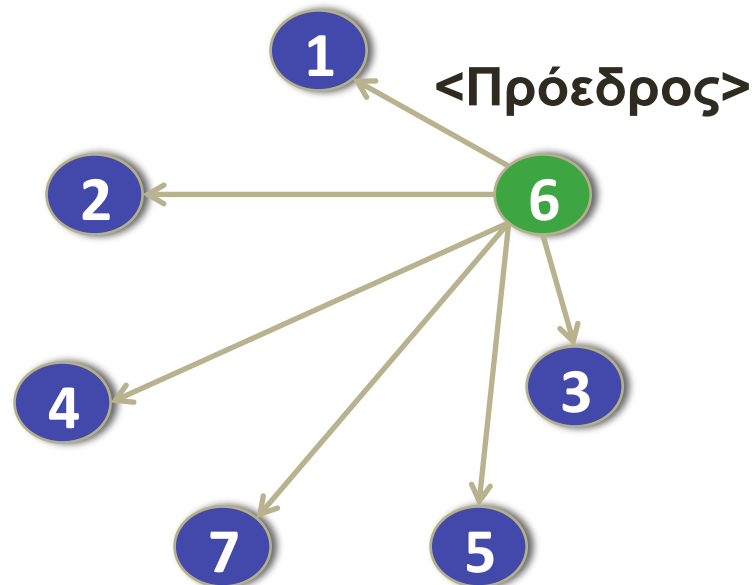
- Ο 6 απαντά με <OK> στον 5 αλλά ο 6 δεν παίρνει <OK> από κανένα αφού ο 7 είναι εσφαλμένος...

# Παράδειγμα εκτέλεσης



- Έτσι ο 6 αυτοανακυρρήσεται πρόεδρος και ενημερώνει με το μήνυμα <Πρόεδρος> τους πάντες...

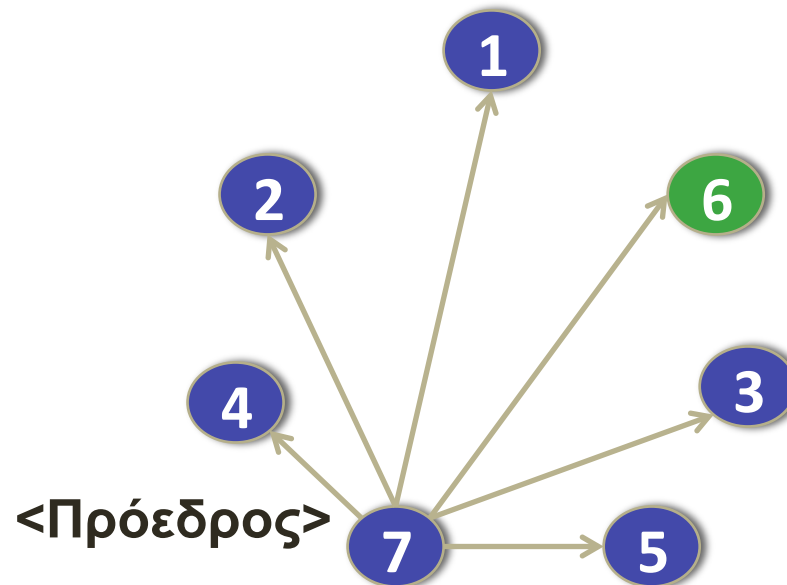
# Παράδειγμα εκτέλεσης



- Αν ο 7 επανέλθει και λάβει μήνυμα πρόεδρος από τον 6...



# Παράδειγμα εκτέλεσης



- Και θα προσπαθήσει να γίνει αυτός πρόεδρος ξεκινώντας την διαδικασία εκλογής. Αφού όμως δεν υπάρχει κόμβος με μεγαλύτερο AT τότε στέλνει απευθείας μήνυμα <Προεδρος>.

# Ανάλυση Αλγορίθμου

- **Ορθότητα:**
  - **Ικανοποιεί ΣΑ:** Εκλέγει ένα πρόεδρο, αυτόν με τον μεγαλύτερο ΑΤ.
    - Φτάνει το δίκτυο να μεταφέρει τα μηνύματα στο καθορισμένο χρόνο
  - **Ικανοποιεί ΣΖ:** Κάθε επεξεργαστής μπαίνει σε κατάσταση προεδρίας η μη προεδρίας
- **Χρονική Πολυπλοκότητα:** Για κάθε εκλογή χρειαζόμαστε  $O(n)$
- **Πολυπλοκότητα Μηνυμάτων:** Για κάθε εκλογή χρειαζόμαστε  $O(n^2)$  μηνύματα.

# Προβλήματα Αλγόριθμου Νταή

- Η ορθότητα του εξαρτάται άμεσα από την ισχύ του timeout στην αποστολή μηνυμάτων
  - Μεγαλύτερες καθυστερήσεις μπορεί να προκαλέσουν την εκλογή 2 ή περισσότερων προέδρων.
  
- Τι γίνεται όμως αν το δίκτυο επικοινωνίας δεν είναι αξιόπιστο?

# Ιδέα

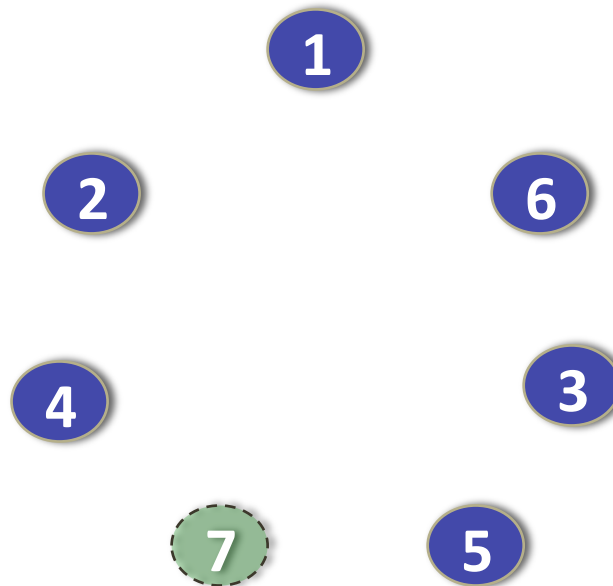
**Μην «αναγκάζεις» αλλά να «προσκαλείς» τους άλλους να σε δεχτούν ως πρόεδρο.**

- Δημιούργησε το δικό σου «κόμμα» και προσπάθησε να προσκαλέσεις τους άλλους κόμβους σε αυτό!! Αν καταφέρεις και προσελκύσεις τα άλλα κόμματα τότε γίνε πρόεδρος!

# Αλγόριθμος Πρόσκλησης

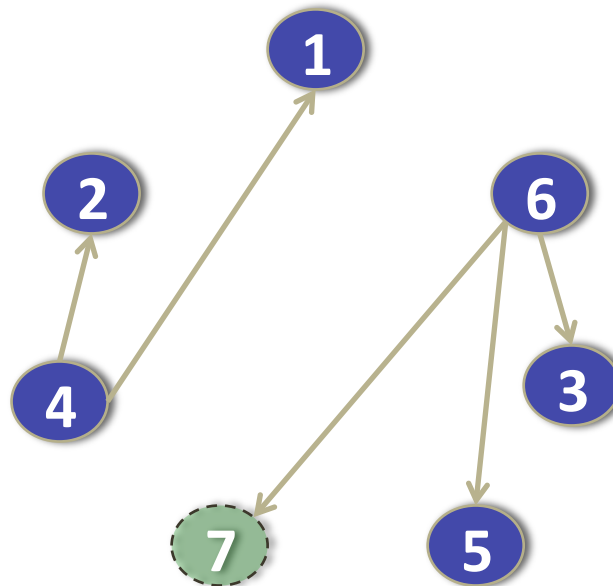
- Αρχικά ο κάθε επεξεργαστής δημιουργεί την δική του ομάδα και θέτει τον εαυτό του το μοναδικό μέλος της ομάδας αυτής
- Ακολούθως στέλνει το μήνυμα <Πρόσκληση> σε όλους τους άλλους ομαδάρχες.
- Αν κάποιος ομαδάρχης λάβει <Πρόσκληση> από άλλο ομαδάρχη με  $AT = \psi$  τότε ενώνει την ομάδα του με την ομάδα του ομαδάρχη  $\psi$ .
- Αν κάποιος ομαδάρχης έχει κάτω από την επιρροή του όλους τους «ζωντανούς» κόμβους τότε ανακηρύσσετε πρόεδρος.

# Παράδειγμα εκτέλεσης



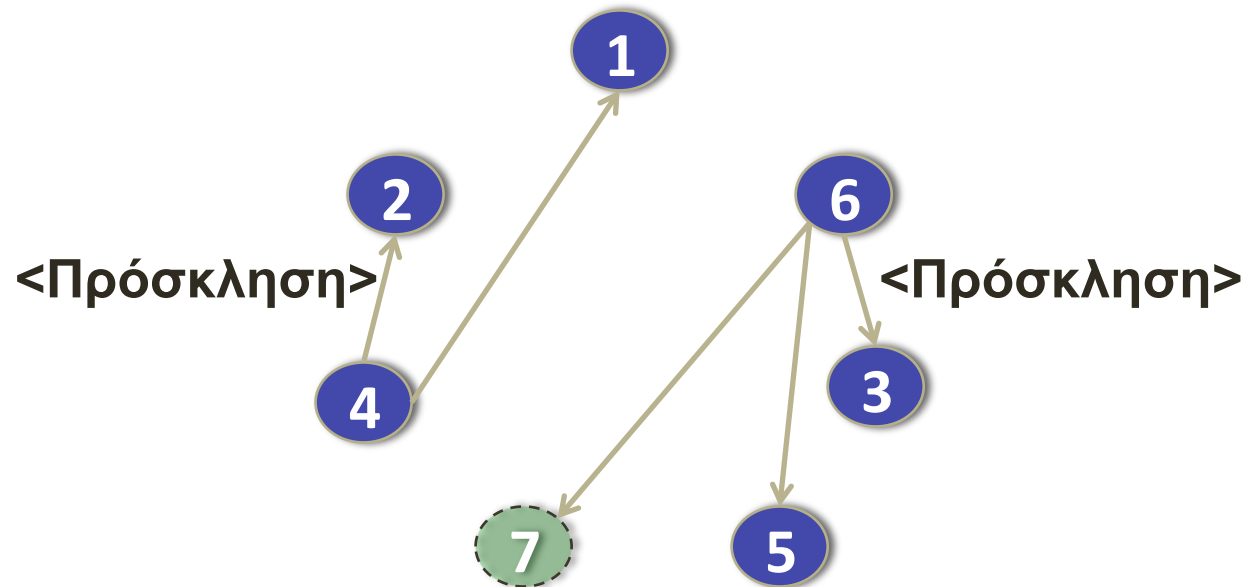
- Αν ο 7 καταρρεύσει τότε κάθε επεξεργαστής κάνει τη δική του ομάδα.

# Παράδειγμα εκτέλεσης



- Μετά ο κάθε ομαδάρχης στέλνει πρόσκληση στους άλλους ομαδάρχες (με κάποια καθυστέρηση μεταξύ τους για αποφυγή συγκρούσεων)...Υποθέτουμε ότι στέλνει ο 4 και ο 6...

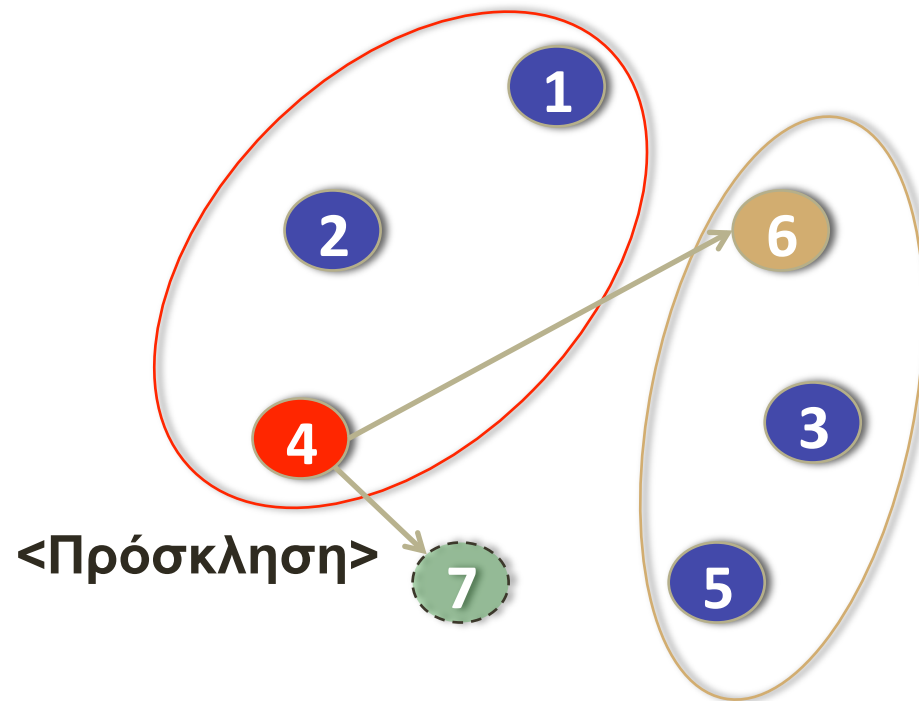
# Παράδειγμα εκτέλεσης



- Ο 1 και 2 λαμβάνουν πρώτα το μήνυμα του 4 ενώ οι υπόλοιποι το μήνυμα από τον 6. Έτσι δημιουργούνται 2 νέες ομάδες...

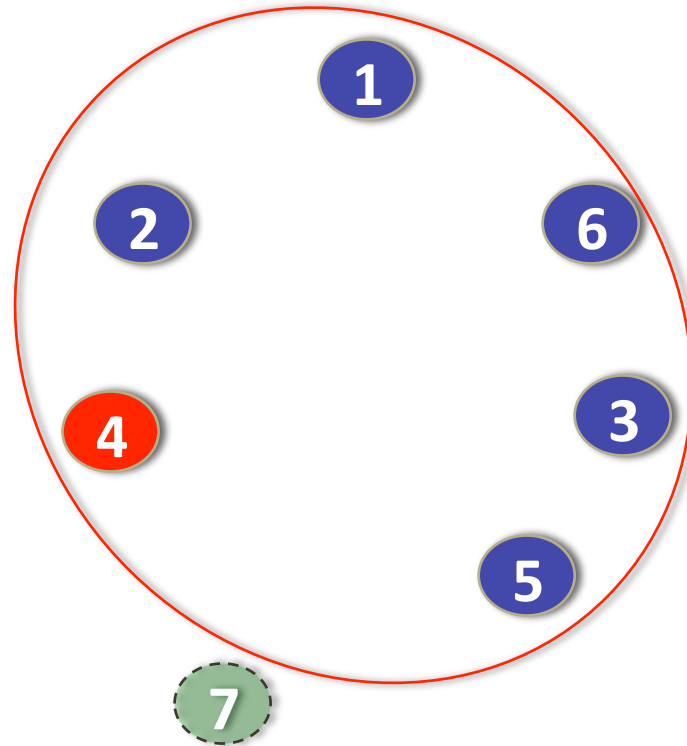


# Παράδειγμα εκτέλεσης



- ...με ομαδάρχες το 4 και το 6 αντίστοιχα. Όταν ο 4 στείλει μήνυμα στους ομαδάρχες τότε οι ομάδες ενώνονται...

# Παράδειγμα εκτέλεσης



- ...και δίνουν μια ομάδα με μόνο πρόεδρο τον 4.

# Ανάλυση Αλγορίθμου

- **Ορθότητα:**
  - **Ικανοποιεί ΣΑ:** Εκλέγει ένα πρόεδρο, αυτόν με τον μεγαλύτερο ΑΤ.
    - Φτάνει να μπορούμε να εντοπίζουμε τα σφάλματα.
  - **Ικανοποιεί ΣΖ:** Τελικά όλοι οι κόμβοι ενώνονται σε μια ομάδα και κάθε επεξεργαστής μπαίνει σε κατάσταση προεδρίας η μη προεδρίας
- **Χρονική Πολυπλοκότητα:** Για κάθε εκλογή χρειαζόμαστε  $O(n)$
- **Πολυπλοκότητα Μηνυμάτων:** Για κάθε εκλογή χρειαζόμαστε  $O(n^2)$  μηνύματα.

# Ερωτήσεις;

