

# **Παράλληλη Επεξεργασία**

## **Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>**

### **Αρχιτεκτονική Συστημάτων**

### **Κατανεμημένης Μνήμης**

Κωνσταντίνος Μαργαρίτης  
Καθηγητής  
Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής  
Πανεπιστήμιο Μακεδονίας  
[kmarg@uom.gr](mailto:kmarg@uom.gr)  
<http://eos.uom.gr/~kmarg>

Αρετή Καπτάν  
Υποψήφια Διδάκτορας  
Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής  
Πανεπιστήμιο Μακεδονίας  
[areti@uom.gr](mailto:areti@uom.gr)  
<http://eos.uom.gr/~areti>

# Κατηγορίες Παράλληλων Υπολογιστών

- ⇒ Συστήματα διαμοιραζόμενης μνήμης (συστήματα πολυεπεξεργαστών)
- ⇒ Συστήματα κατανεμημένης μνήμης

# Χαρακτηριστικά Συστημάτων Κατανεμημένης Μνήμης

- ⇒ Τοπική μνήμη σε κάθε επεξεργαστή
- ⇒ Κάθε επεξεργαστής έχει μία ή περισσότερες συνδέσεις με άλλους επεξεργαστές
- ⇒ Επικοινωνία: 1) άμεση, 2) με τη διαμεσολάβηση ενδιάμεσων επεξεργαστών
- ⇒ Ύπαρξη δικτύου επικοινωνίας
- ⇒ Τοπολογία δικτύου επικοινωνίας
- ⇒ Καθυστερήσεις στην επικοινωνία λόγω τοπολογίας

# Βασικά Είδη Τοπολογιών Για Παράλληλα Συστήματα Κατανεμημένης Μνήμης

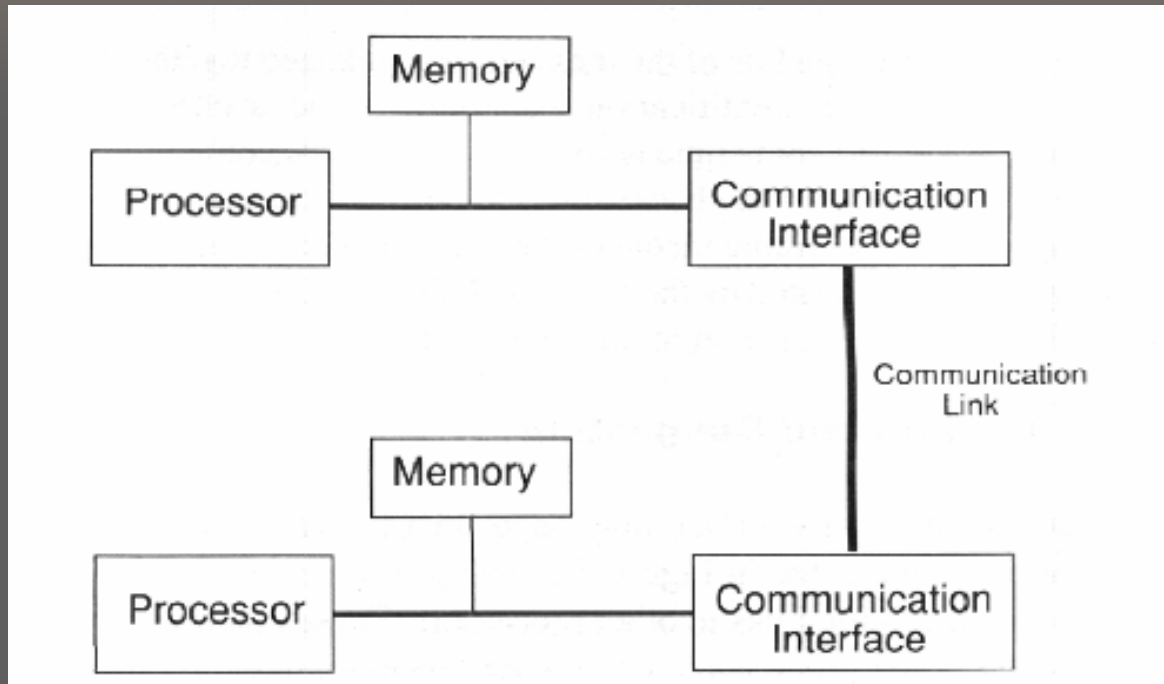
- ⇒ Γραμμή
- ⇒ Δακτύλιος
- ⇒ Πλέγμα 2 διαστάσεων
- ⇒ Τόρος
- ⇒ Πλέγμα 3 διαστάσεων
- ⇒ Υπερκύβος

# Παράμετροι Τοπολογίας

- ⇒ Συνδεσιμότητα
- ⇒ Διάμετρος
- ⇒ Απόσταση

Όσο πιο απλή τοπολογία, τόσο πιο χαμηλή συνδεσιμότητα και άρα μεγαλύτερη διάμετρος.

# Δίκτυο Επικοινωνίας



- ⇒ Διεπαφή επικοινωνίας
- ⇒ Άμεσος σύνδεσμος επικοινωνίας

# Χαρακτηριστικά Του Συνδέσμου Επικοινωνίας

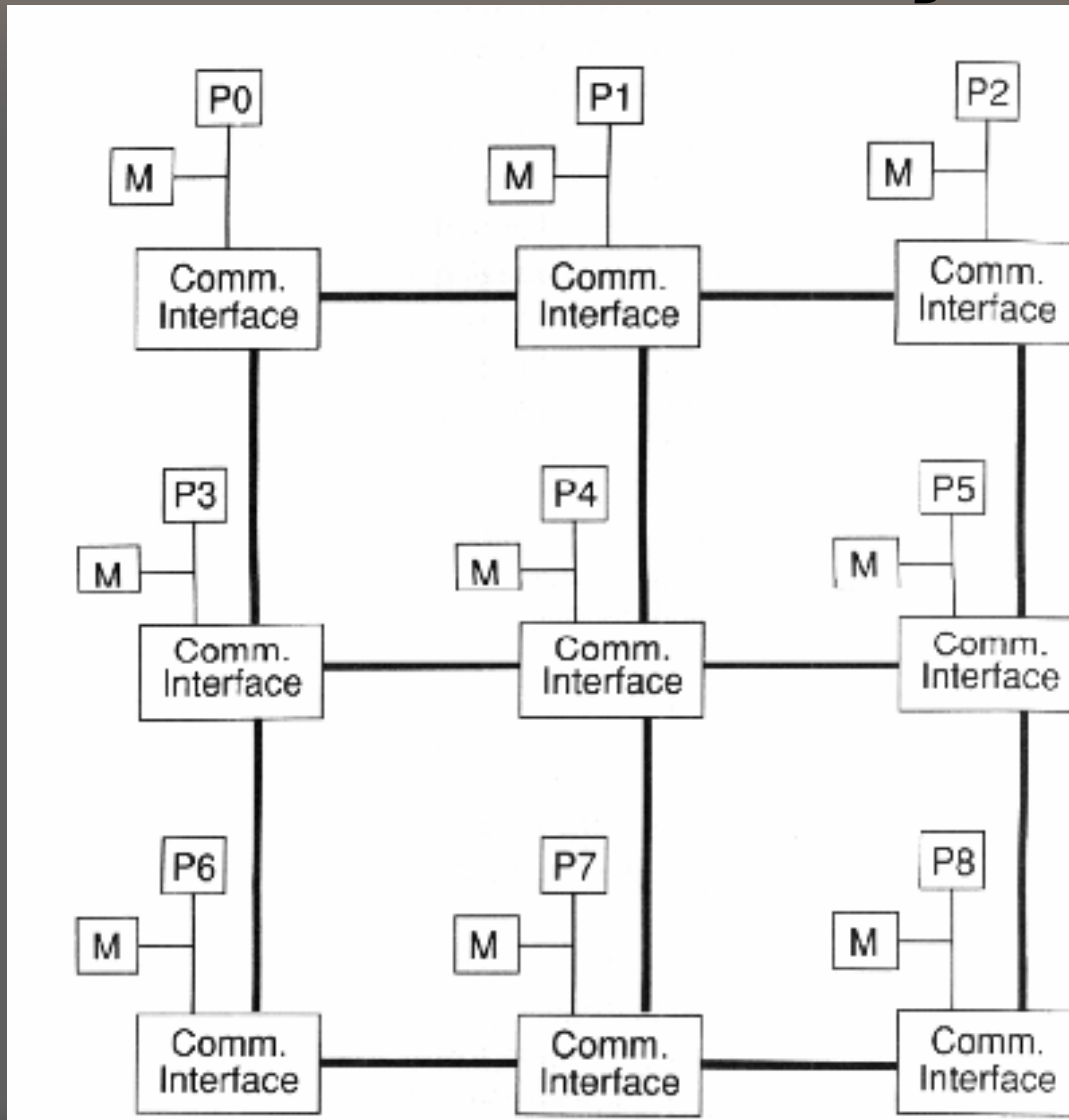
- ⇒ Φυσική μετάδοση των δεδομένων
- ⇒ Απευθείας προσπέλαση της μνήμης (DMA)
- ⇒ Διπλής κατεύθυνσης
- ⇒ Εύρος ζώνης

# Λειτουργίες της διεπαφής επικοινωνίας

- ⇒ Δημιουργία πακέτων του μηνύματος
- ⇒ Κωδικοποίηση/αποκωδικοποίηση πακέτων
- ⇒ Έλεγχος σφαλμάτων κατά την μετάδοση, επιβεβαίωση λήψης και αν είναι απαραίτητο αναμετάδοση των πακέτων
- ⇒ Δρομολόγηση πακέτων
- ⇒ Αποθήκευση και προώθηση πακέτων (store & forward)
- ⇒ Αναγνωρίζει τον αριθμό του τρέχοντος επεξεργαστή καθώς και όλων των υπολοίπων

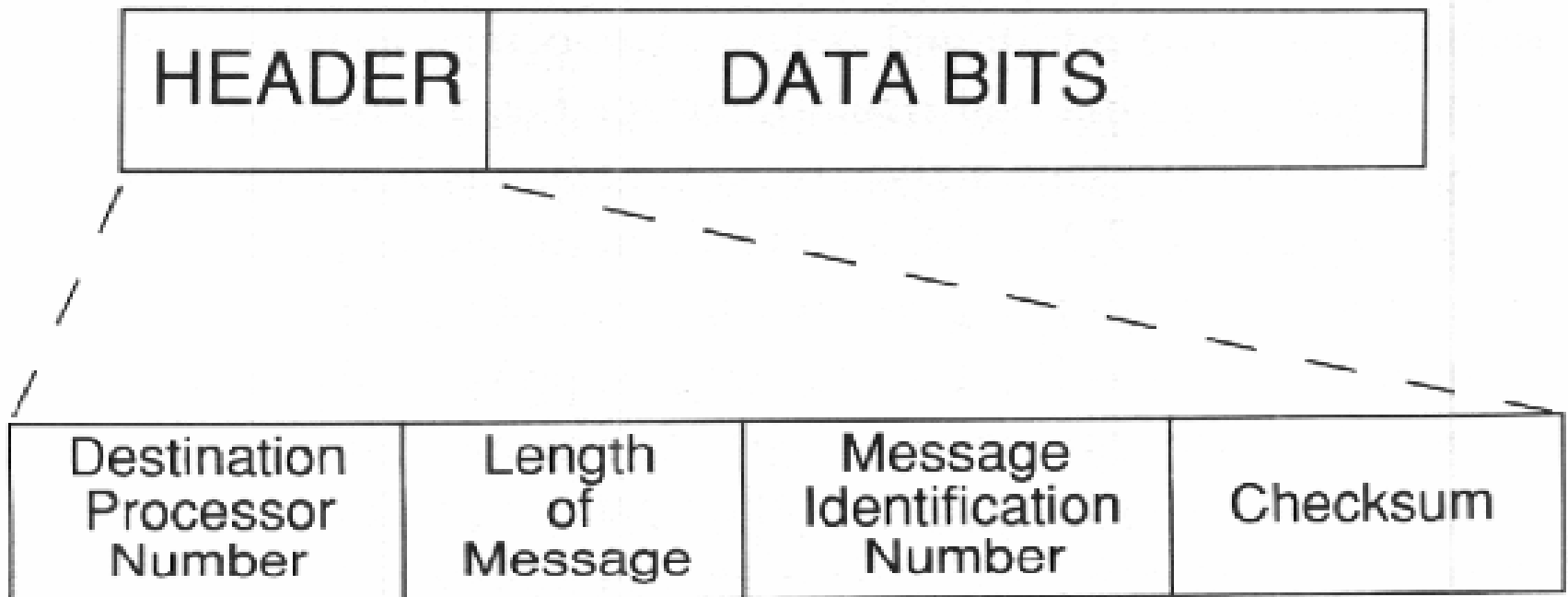


# Δίκτυο Επικοινωνίας



- ⇒ Άμεση επικοινωνία
- ⇒ Έμμεση επικοινωνία
- ⇒ Εναλλακτικά μονοπάτια
- ⇒ Καθυστέρηση επικοινωνίας

# Μορφή Πακέτου Επικοινωνίας

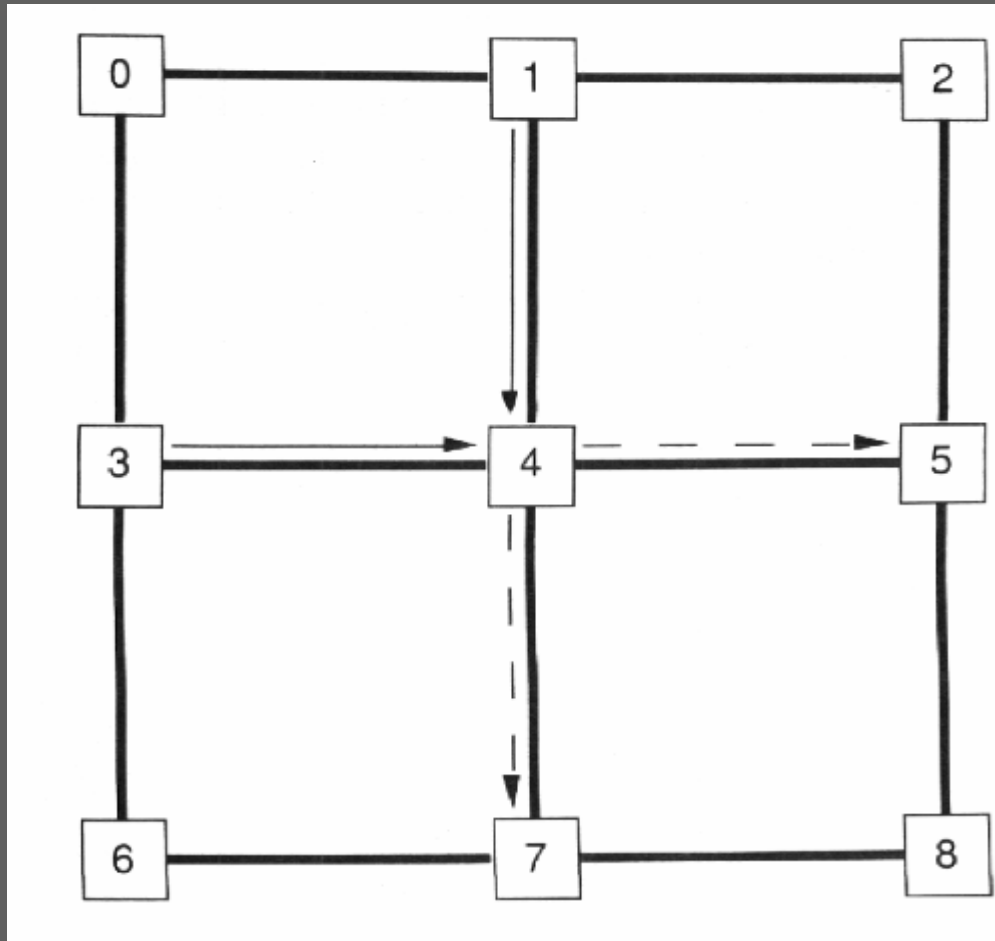


# Δρομολόγηση Μηνυμάτων

- ⇒ Εναλλακτικά μονοπάτια με το ίδιο μήκος
- ⇒ Στατική
- ⇒ Δυναμική:
  - Τα πακέτα των μηνυμάτων φτάνουν με τυχαία σειρά
  - Αποφυγή συμφόρησης

**Στόχος δρομολόγησης:** ελαχιστοποίηση της συνολικής καθυστέρησης στην επικοινωνία

# Συμφόρηση σε δίκτυο επικοινωνίας



# Συμφόρηση του δικτύου επικοινωνίας

Αιτίες εμφάνισης συμφόρησης:

- Επικοινωνία του δικτύου
- Συμπεριφορά του παράλληλου αλγορίθμου

Τρόποι αντιμετώπισης της συμφόρησης:

- Ως προς το υλικό:
  - Περισσότεροι σύνδεσμοι επικοινωνίας
  - Αύξηση του εύρους ζώνης
  - Αύξηση της ταχύτητας της διεπαφής
- Ως προς το λογισμικό:
  - Ελαχιστοποίηση της συχνότητας της επικοινωνίας
  - Ελαχιστοποίηση της απόστασης που διανύει κάθε μήνυμα
  - Σχεδίαση του αλγορίθμου με βάση την τοπολογία του δικτύου

# Καθυστέρηση Επικοινωνίας

- ⇒ Χρόνος μετάδοσης (transmission time)
- ⇒ Χρόνος αναμονής (waiting time)
- ⇒ Χρόνος επεξεργασίας (processing time)

# Τμηματοποίηση των μηνυμάτων

- ⇒ Καθορισμένο μέγεθος πακέτου
- ⇒ Μείωση του χρόνου μετάδοσης του μηνύματος – φαινόμενο της διασωλήνωσης
- ⇒ Μείωση μεγέθους του πακέτου  $\Rightarrow$  μείωση του χρόνου μετάδοσης
- ⇒ Μείωση μεγέθους του πακέτου  $\Rightarrow$  αύξηση του χρόνου επεξεργασίας
- ⇒ Βέλτιστο μέγεθος πακέτου – κόστος μετάδοσης της επικεφαλίδας

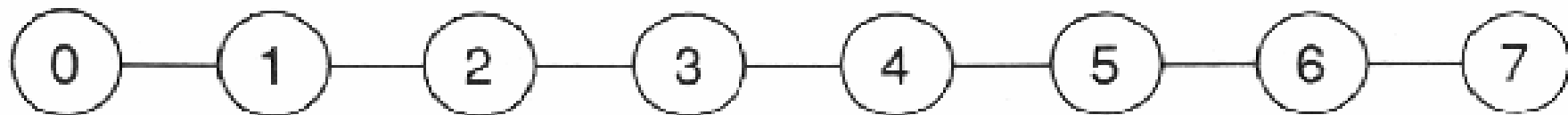
# Παράγοντες καθυστέρησης

- ⇒ Μέση καθυστέρηση επικοινωνίας
- ⇒ Πλήθος συνδέσμων ανάμεσα στον αποστολέα και τον παραλήπτη
- ⇒ Τοπολογία συστήματος
  - Συνδεσιμότητα
  - Διάμετρος

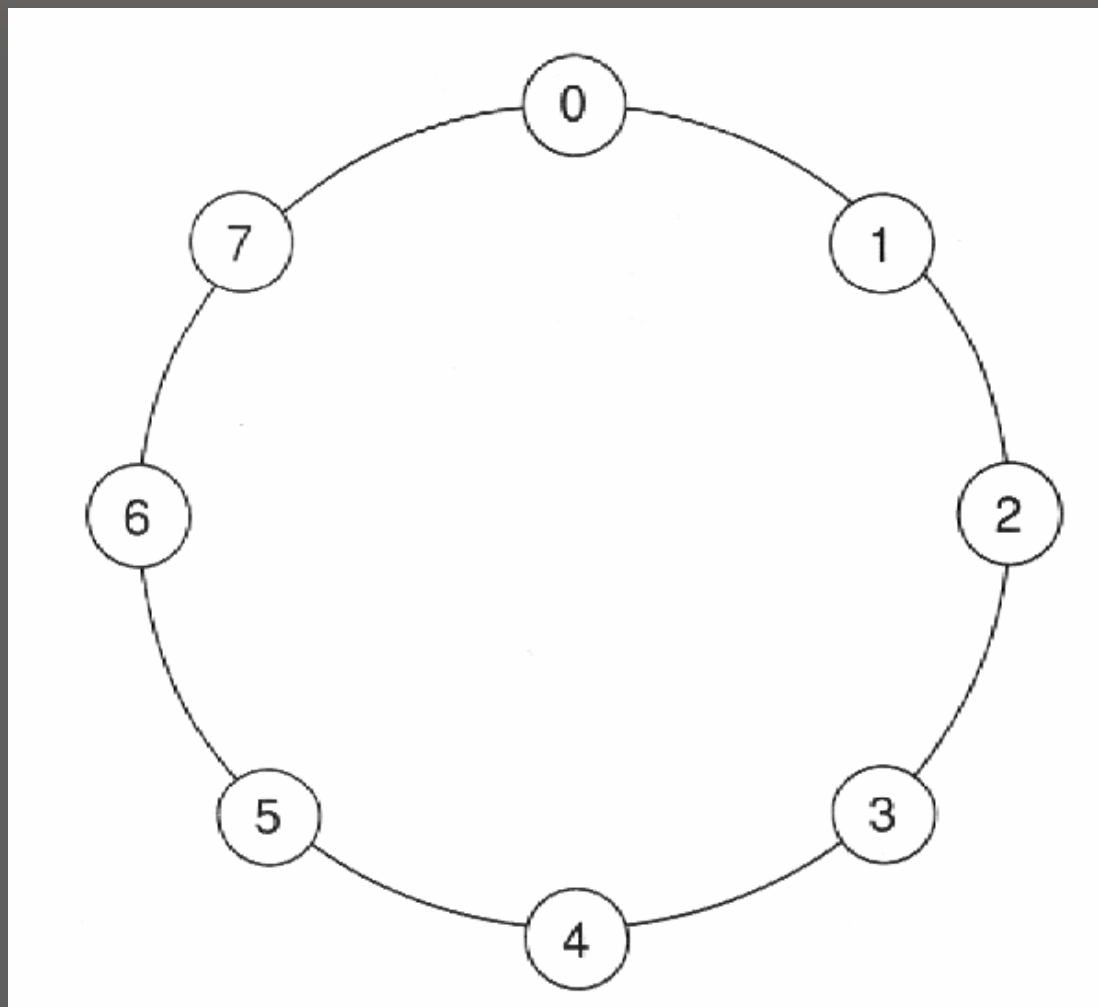
Απλή τοπολογία  $\Rightarrow$  χαμηλή συνδεσιμότητα  $\Rightarrow$  μεγάλη διάμετρος



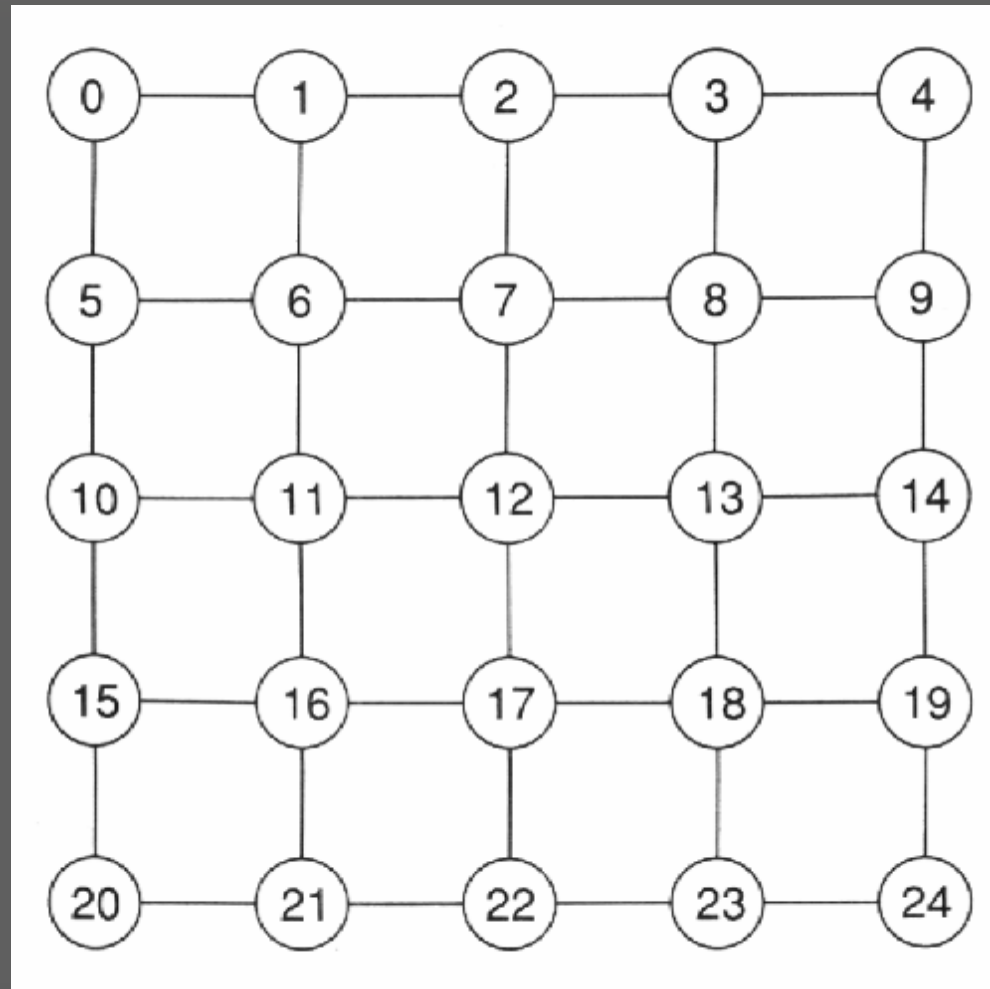
# Τοπολογία Γραμμής



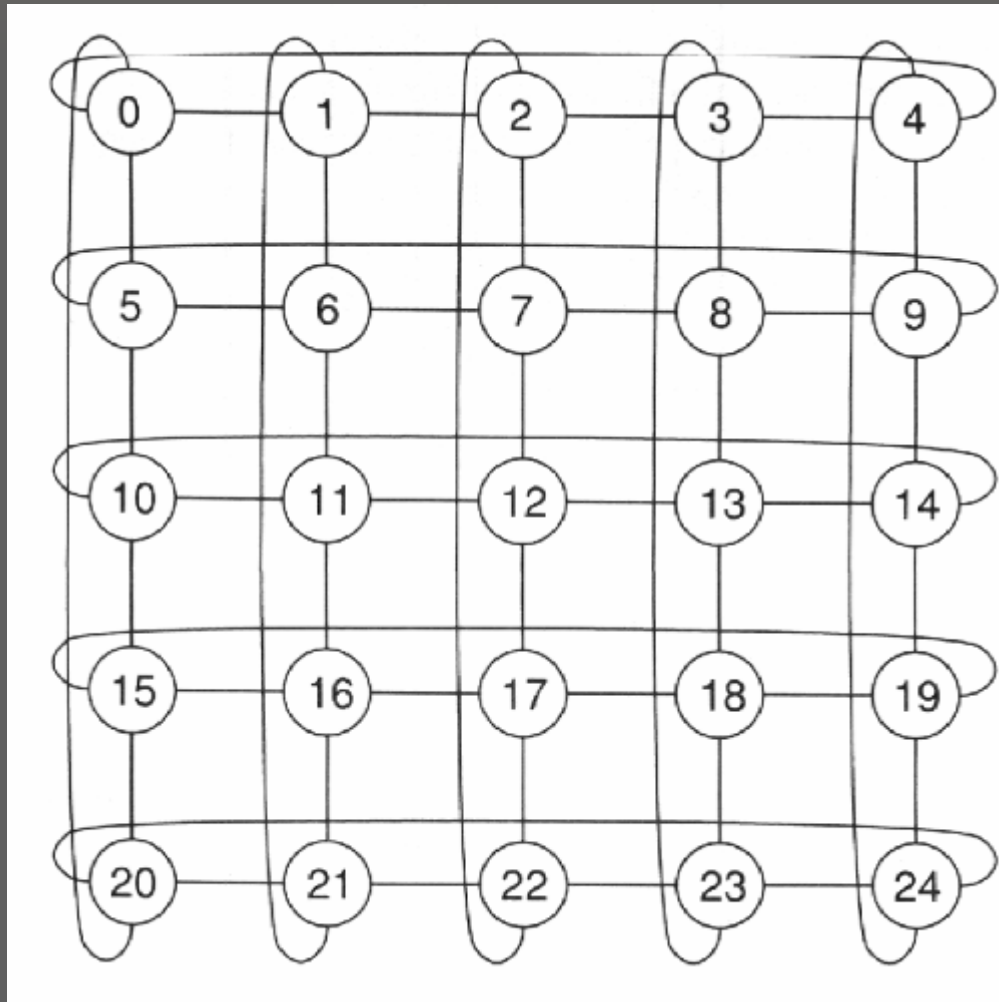
# Τοπολογία δακτυλίου



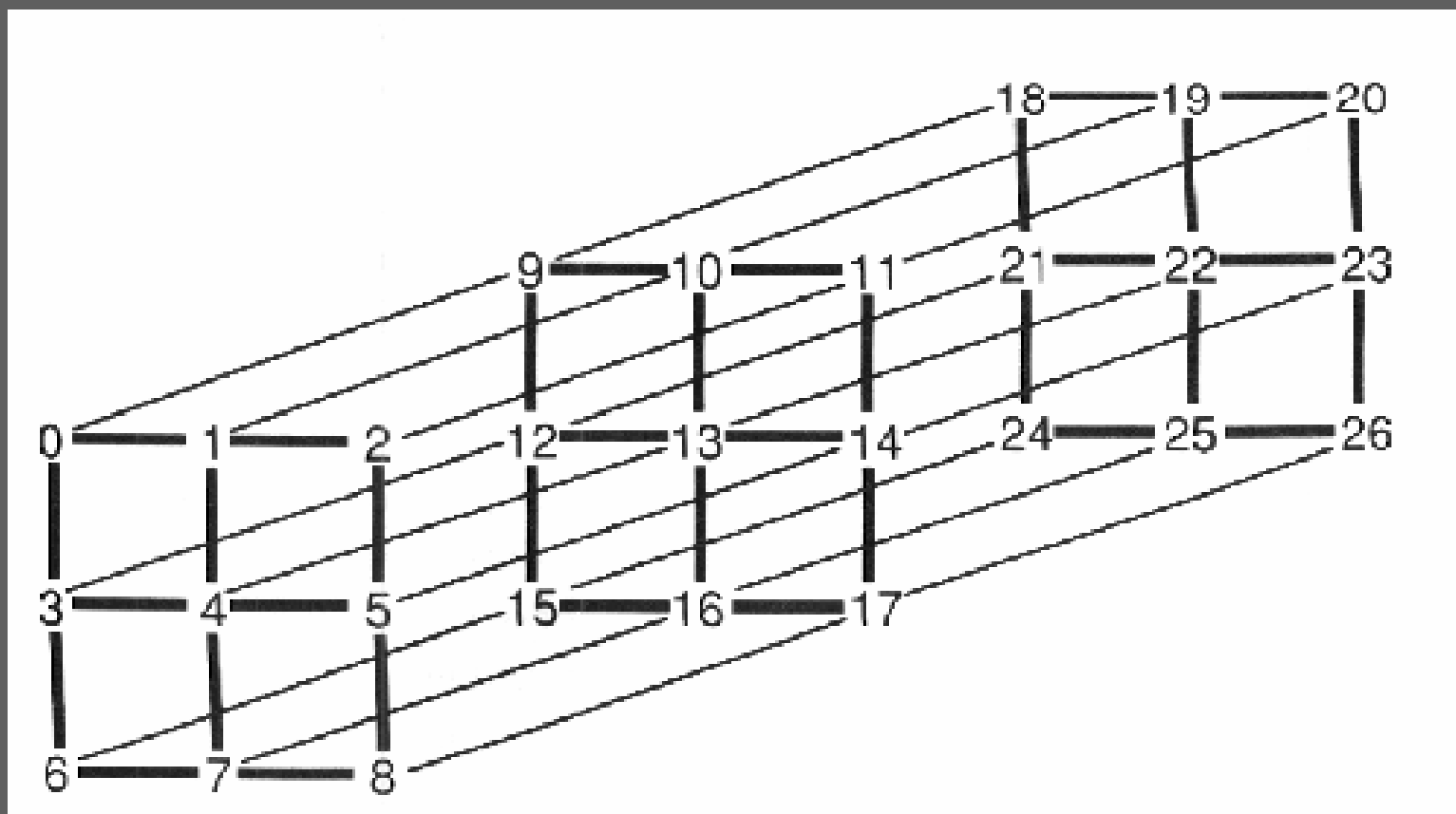
# Τοπολογία πλέγματος 2 διαστάσεων



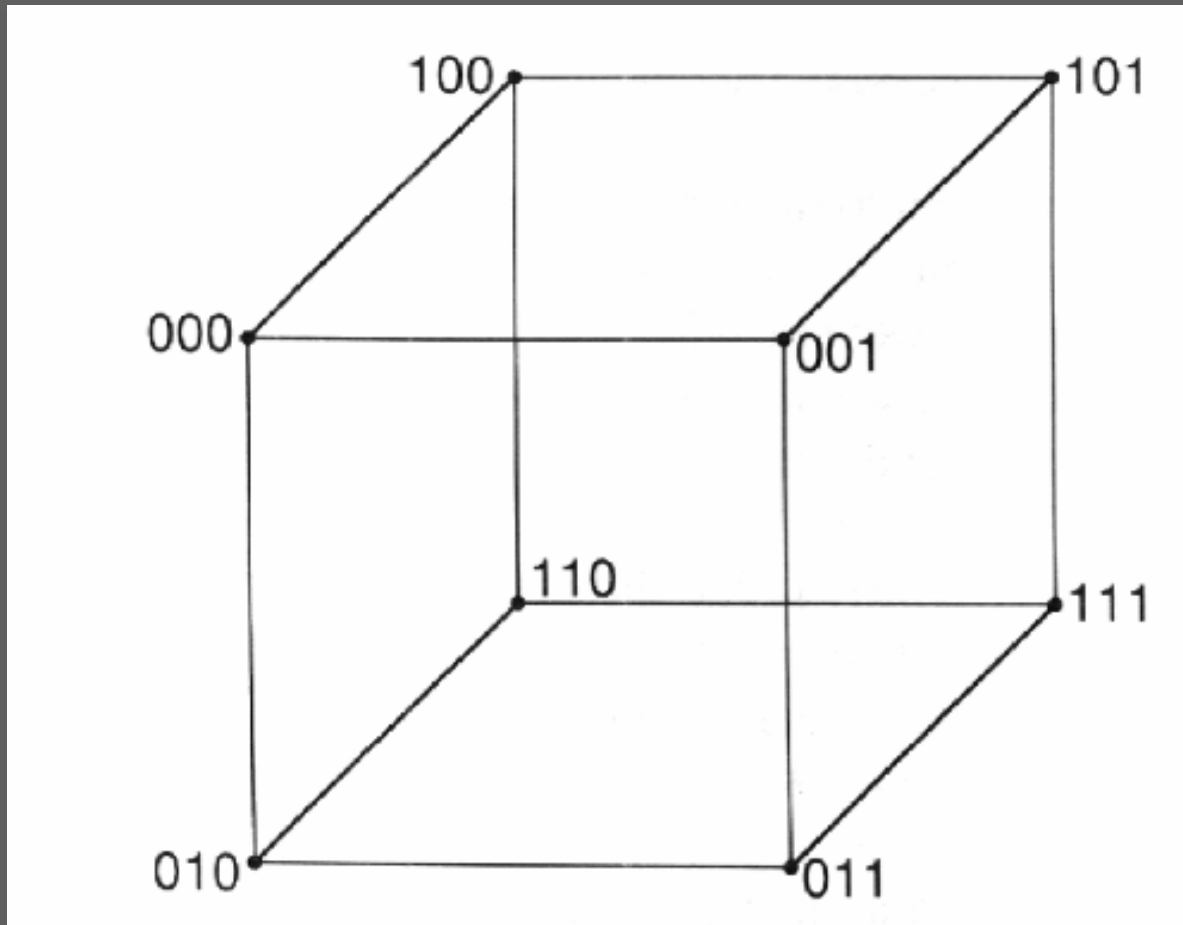
# Τοπολογία Τόρου



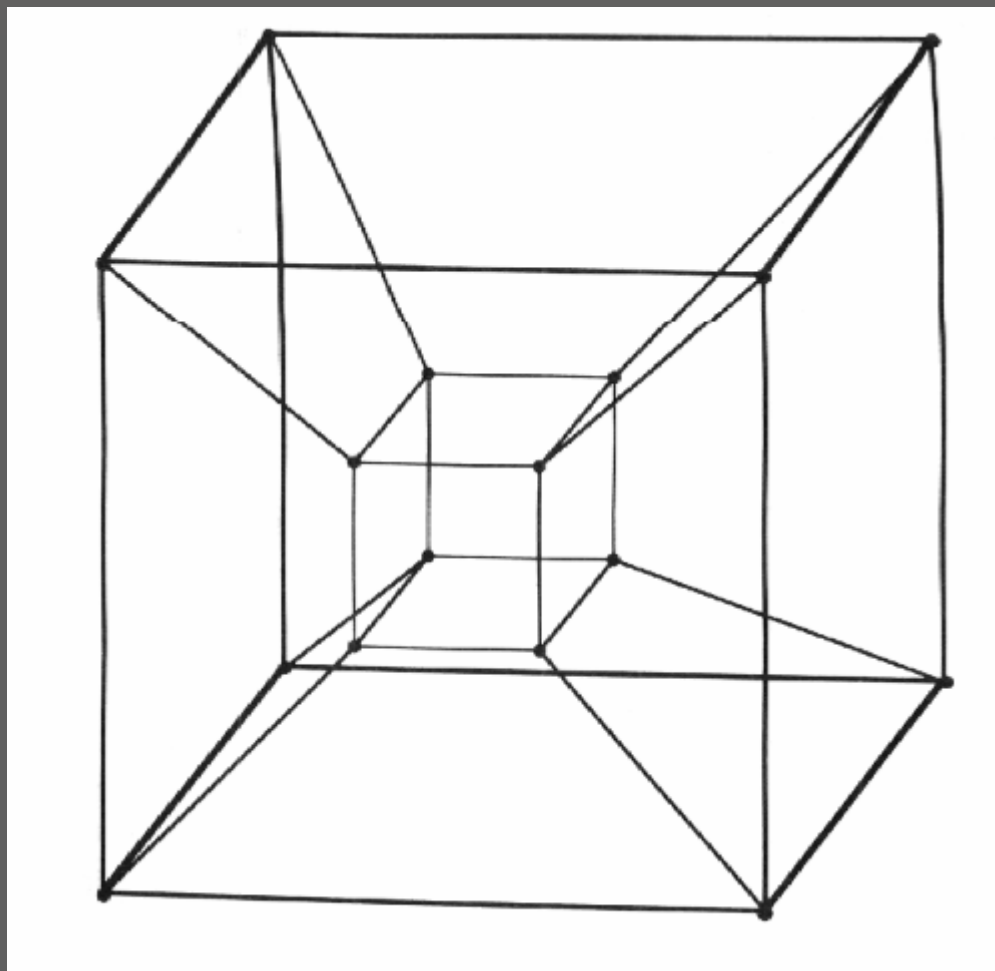
# Τοπολογία Πλέγματος 3 Διαστάσεων



# Τοπολογία Υπερκύβου Με Διάσταση 3



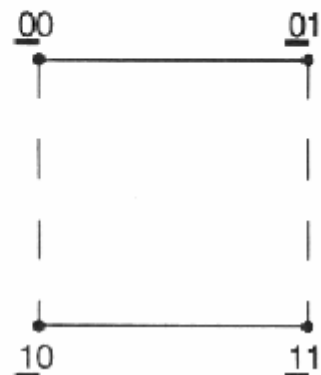
# Τοπολογία Υπερκύβου Με Διάσταση 4



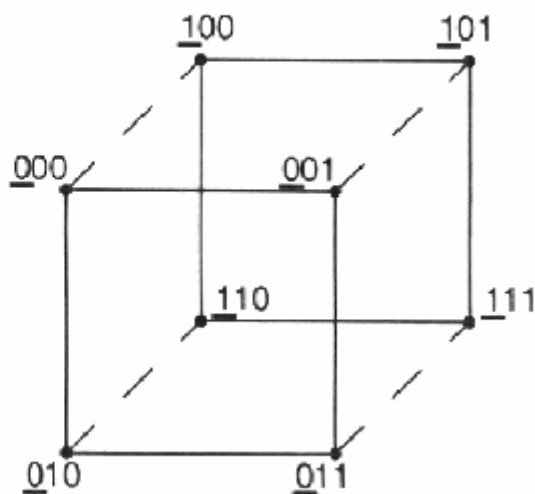
Dimension 1:



Dimension 2:



Dimension 3:



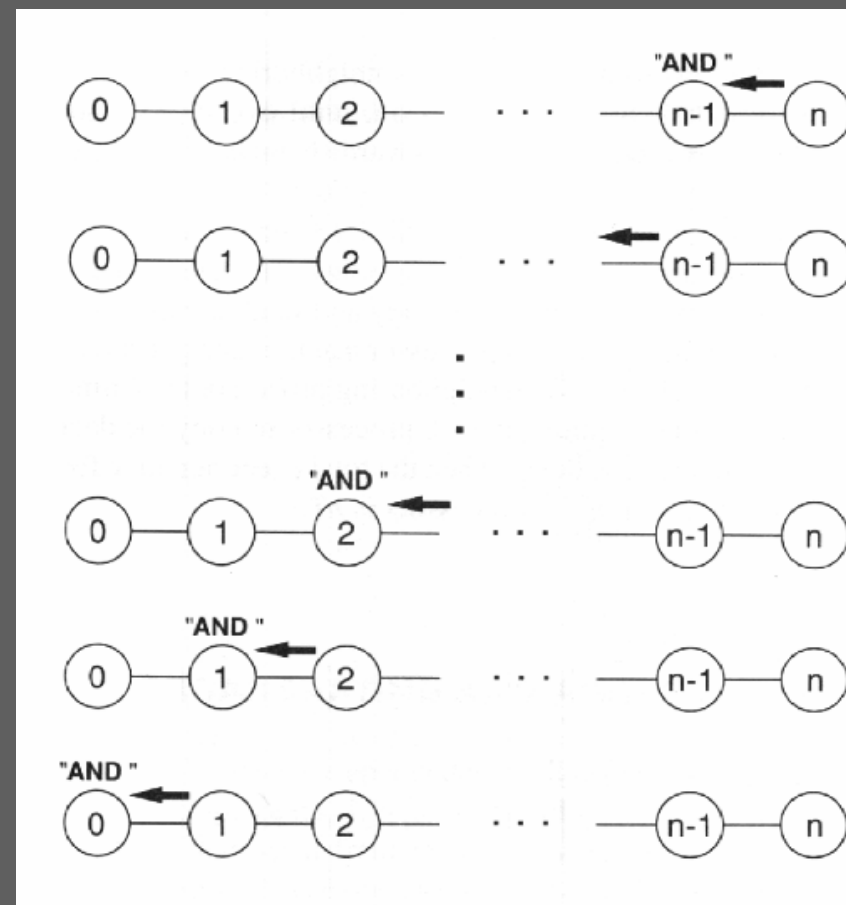
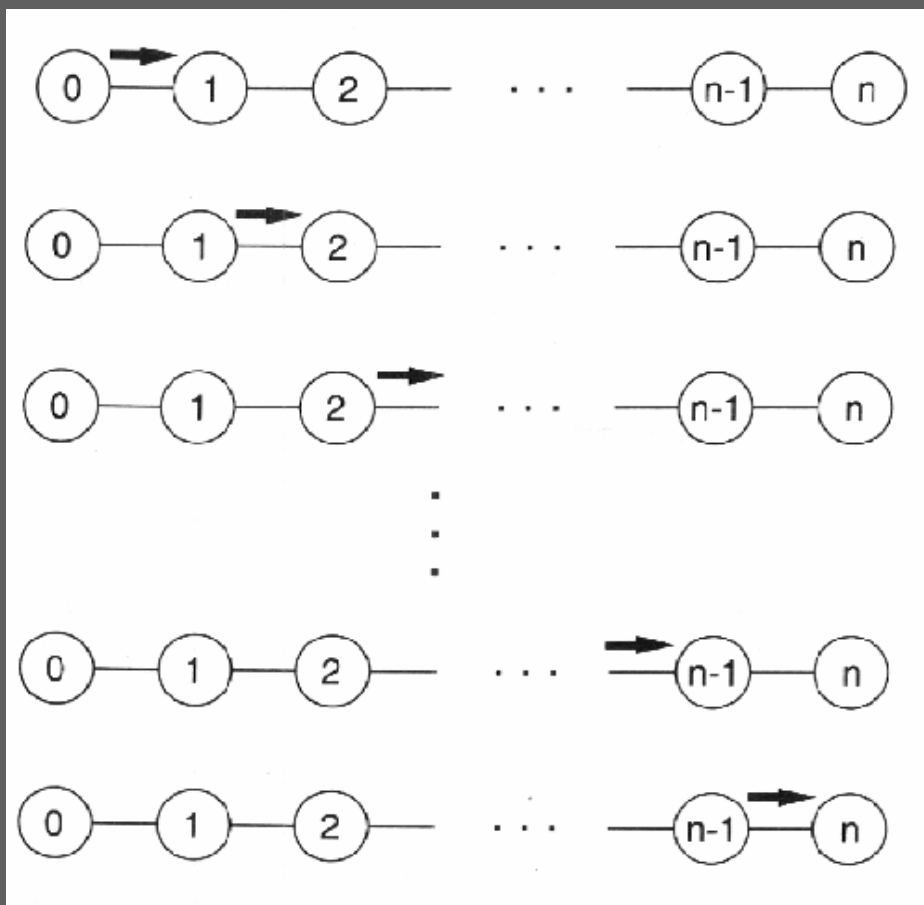
# Αναδρομική Κατασκευή Υπερκύβου



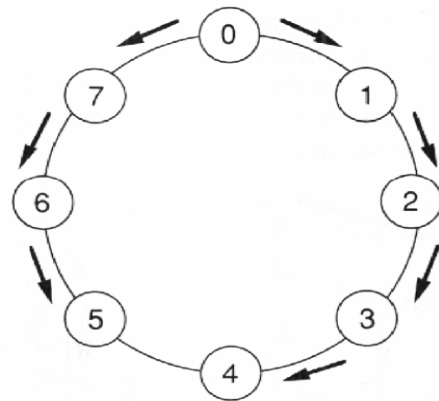
# Ανάλυση Τοπολογιών

Τοπολογία	Συνδεσιμότητα	Διάμετρος
Γραμμή	2	$n-1$
Δακτύλιος	2	$n/2$
2-D Πλέγμα	2-4	$2(n^{1/2}-1)$
Τόρος	4	$n^{1/2}$
3-D Πλέγμα	3-6	$3(n^{1/3}-1)$
Υπερκύβος	$\log n$	$\log n$

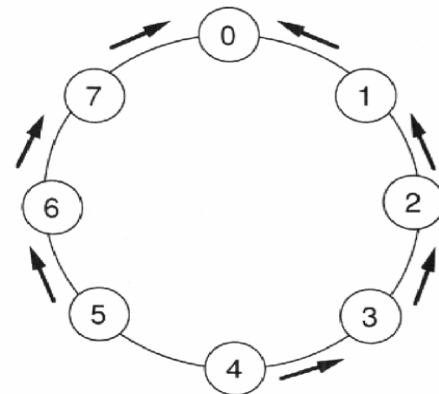
# Διάδοση Και Συλλογή Σε Τοπολογία Γραμμής



# Διάδοση Και Συλλογή Σε Τοπολογία Δακτυλίου

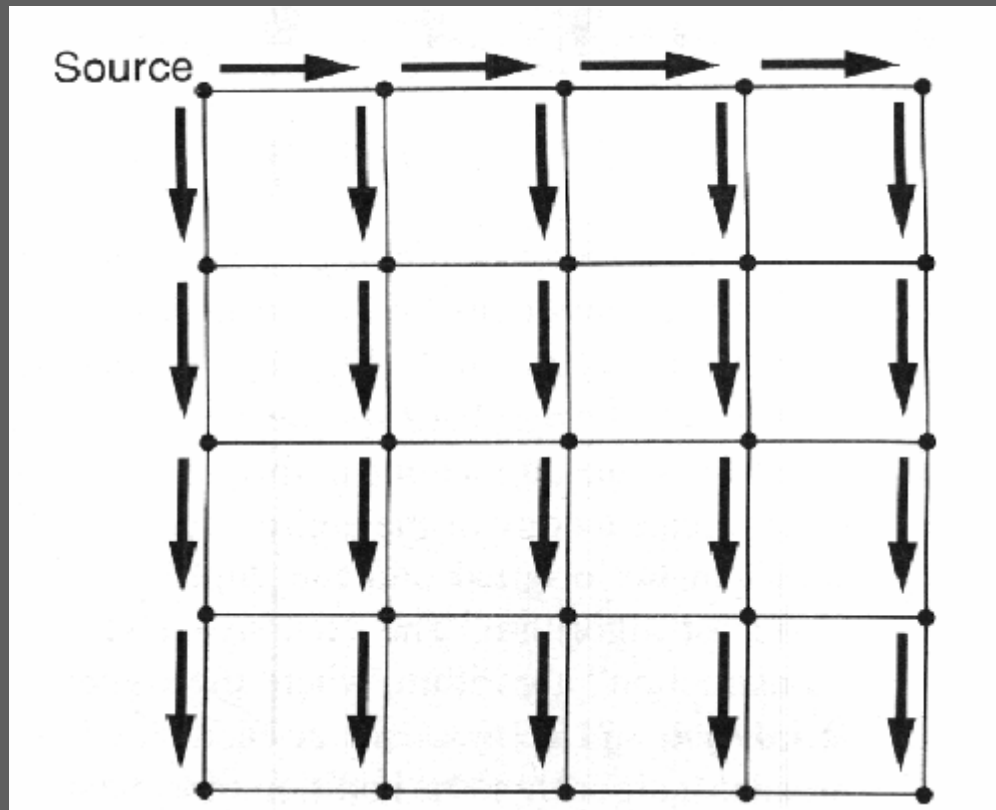


Broadcasting

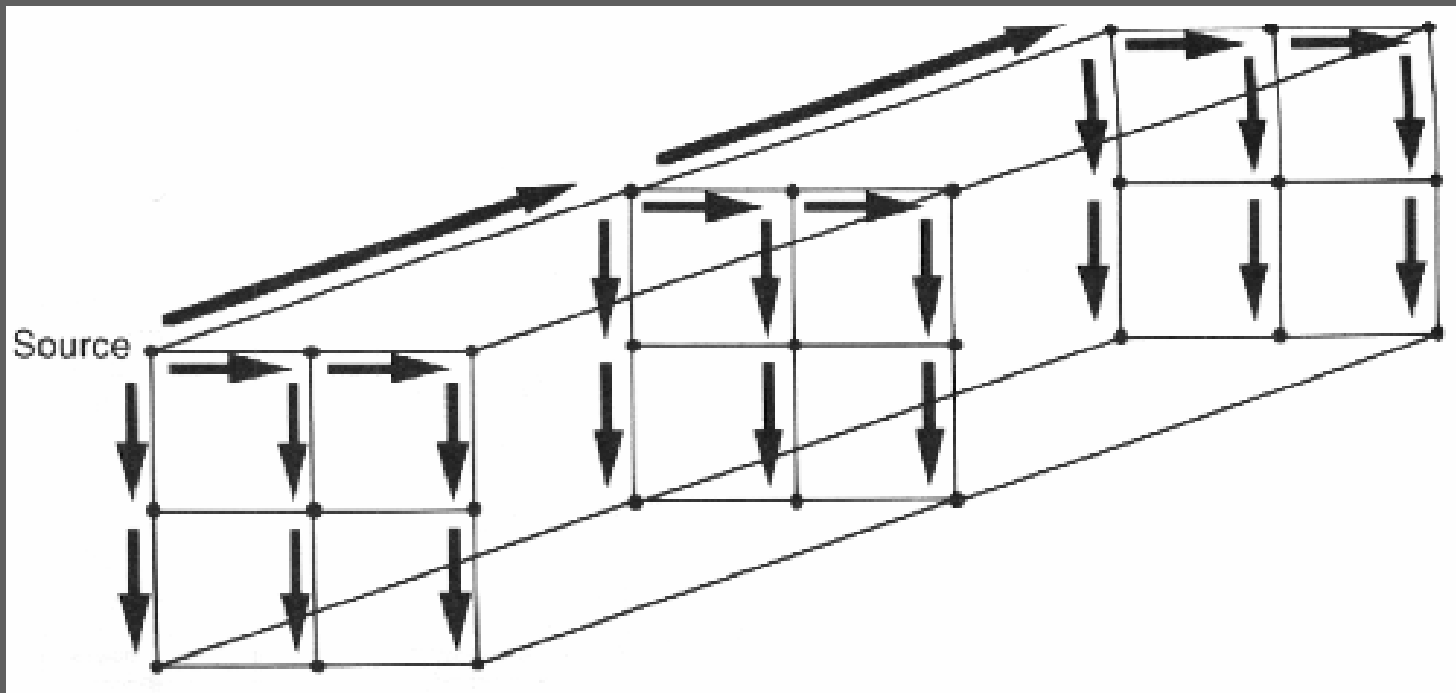


Aggregation

# Διάδοση Και Συλλογή Σε Τοπολογία 2-D Πλέγματος



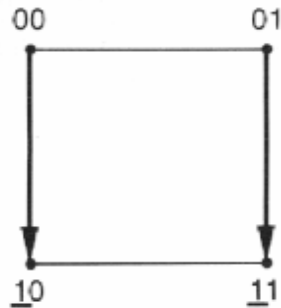
# Διάδοση Και Συλλογή Σε Τοπολογία 3-D Πλέγματος



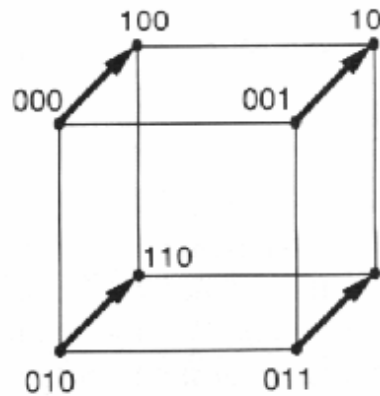
Step 1:



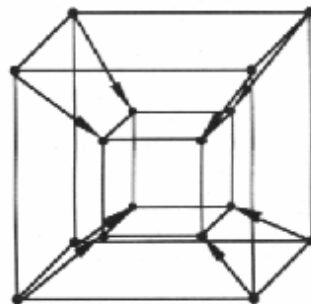
Step 2:



Step 3:



Step 4:



# Διάδοση Και Συλλογή Σε Τοπολογία Υπερκύβου

# Χρόνος Διάδοσης Για Κάθε Τοπολογία

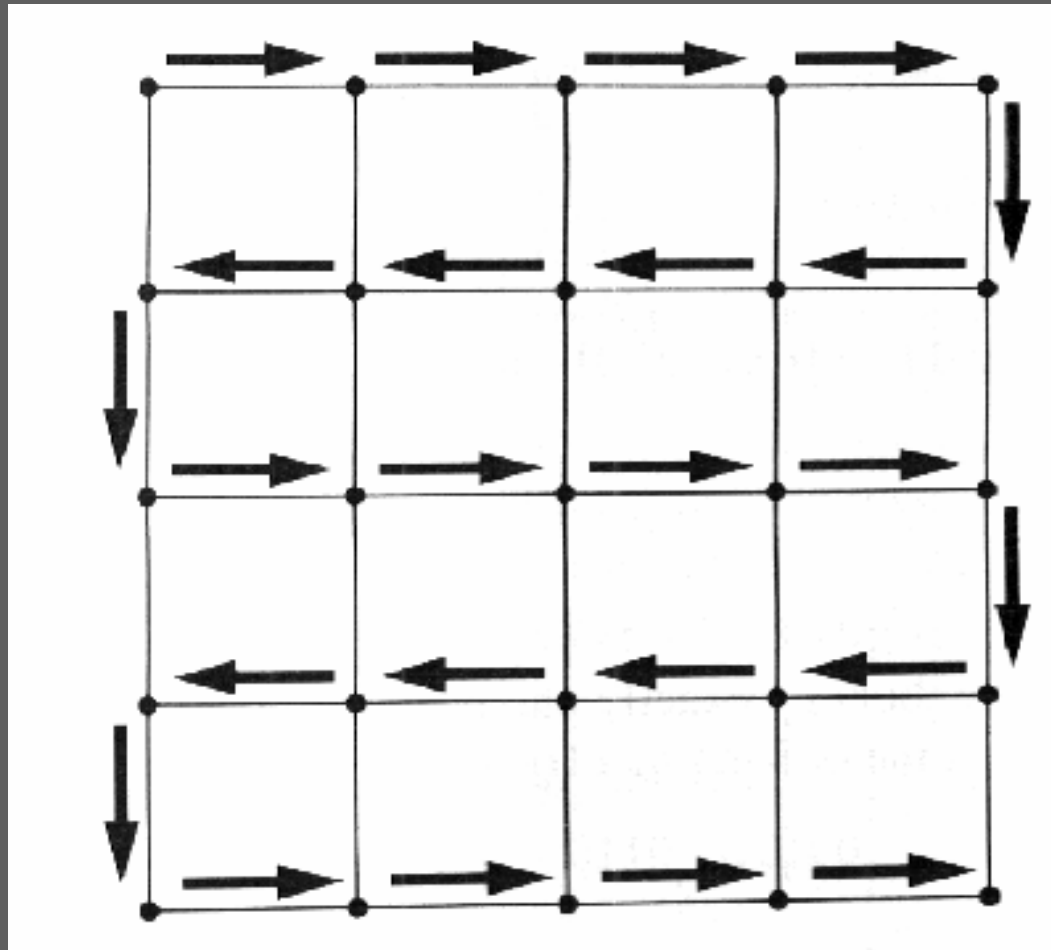
Τοπολογία	Διάμετρος
Γραμμή	$O(n)$
Δακτύλιος	$O(n)$
2-D Πλέγμα	$O(n^{1/2})$
Τόρος	$O(n^{1/2})$
3-D Πλέγμα	$O(n^{1/3})$
Υπερκύβος	$O(\log n)$

# Απεικονίσεις πάνω στον Υπερκύβο

- ⇒ Λογική δομή αλγορίθμου
- ⇒ Φυσική τοπολογία του δικτύου
- ⇒ Τοπολογική απεικόνιση



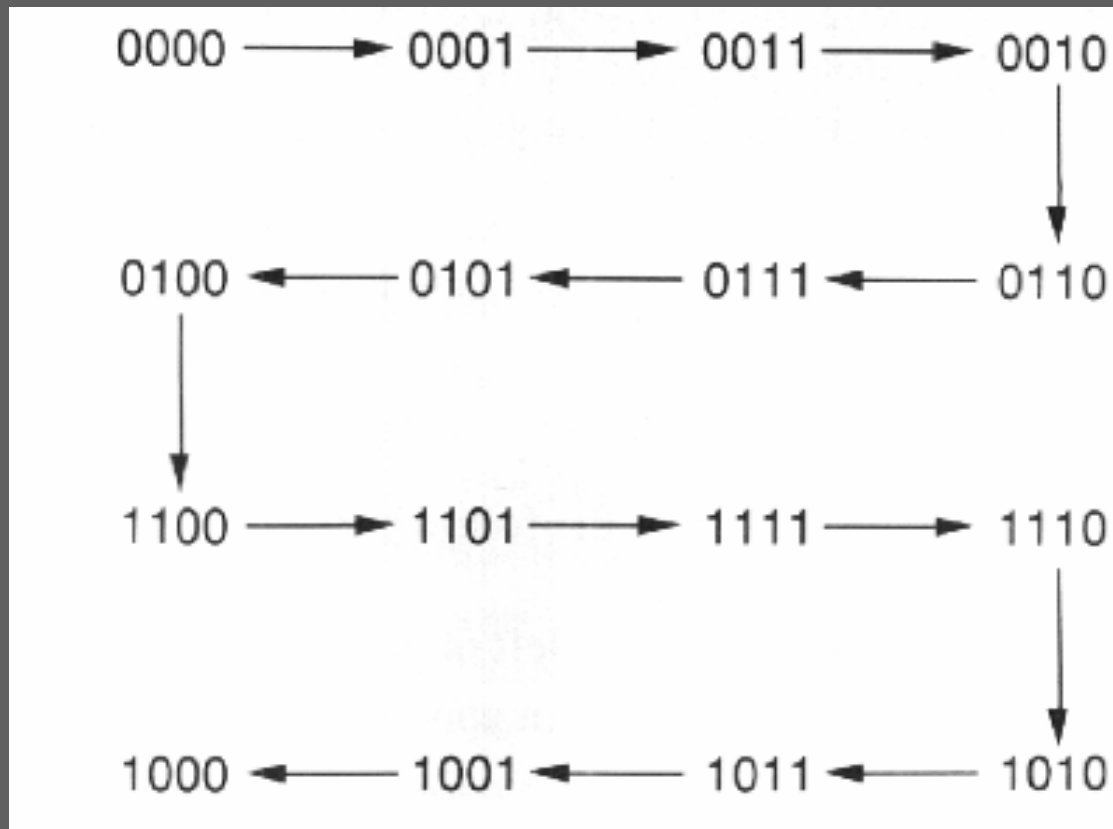
# Σιγμοειδής Απεικόνιση Γραμμής Σε Πλέγμα Δύο Διαστάσεων



# Δημιουργία Κώδικα Gray 3-bit

ΑΡΧΗ	1° ΒΗΜΑ	2° ΒΗΜΑ	3° ΒΗΜΑ	4° ΒΗΜΑ
0 1	0 1	00 01	00 01 11 10	000 001 011 010
	1 0	11 10	10 11 01 00	110 111 101 100

# Απεικόνιση Πλέγματος 4x4 Σε Υπερκύβο



# Απεικόνιση 3-D Πλέγματος Σε Υπερκύβο

