

---

# Κατανεμημένα Συστήματα

## Εισαγωγή

### Έννοιες Σχετικές Με S/W

---

Χάρης Μανιφάβας  
Τμήμα Εφ. Πληροφορικής & Πολυμέσων  
ΤΕΙ Κρήτης

---

# Έννοιες Σχετικές Με S/W

- Το υλικό των ΚΣ είναι σημαντικό
- Το λογισμικό είναι όμως εκείνο που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το πως εμφανίζεται στην πραγματικότητα ένα ΚΣ
- Τα ΚΣ έχουν πολλές ομοιότητες με τα παραδοσιακά ΛΣ
  - Ενεργούν ως διαχειριστές πόρων
  - Κρύβουν την πολυπλοκότητα του υποκείμενου υλικού

---

# Έννοιες Σχετικές Με S/W

- Τα ΛΣ για κατανεμημένους υπολογιστές υποδιαιρούνται σε 2 κατηγορίες
  - Τα στενά συνδεδεμένα συστήματα
    - Το ΛΣ ουσιαστικά προσπαθεί να συντηρήσει μία ενιαία, καθολική άποψη των πόρων που διαχειρίζεται
  - Τα χαλαρά συνδεδεμένα συστήματα
    - Σύνολα υπολογιστών καθένας από τους οποίους χρησιμοποιεί το δικό του ΛΣ
    - Αυτά τα ΛΣ συνεργάζονται για να θέσουν τις υπηρεσίες/πόρους τους στη διάθεση των άλλων

# Έννοιες Σχετικές Με S/W

- Αυτή η διάκριση (στενά/χαλαρά συνδεδεμένα συστήματα) σχετίζεται με την ταξινόμηση υλικού που έχουμε δει
- Ένα ΛΣ στενής σύνδεσης χαρακτηρίζεται γενικά ως Κατανεμημένο ΛΣ και χρησιμοποιείται για την διαχείριση πολυεπεξεργαστών και ομοιογενών πολυ-υπολογιστών
  - ΚΛΣ, DOS - Distributed Operating System
  - Οι λειτουργικές δυνατότητες των ΚΛΣ είναι ουσιαστικά ίδιες με εκείνες των παραδοσιακών ΛΣ για μονοεπεξεργαστικά συστήματα, με την διαφορά ότι μπορούν να χειρίζονται πολλές CPU
- Υπάρχουν 2 τύποι ΚΛΣ
  - ΛΣ για πολυεπεξεργαστές
  - ΛΣ για ομοιογενείς πολυ-υπολογιστές

---

# Έννοιες Σχετικές Με S/W

- Το χαλαρά συνδεδεμένο Δικτυακό ΛΣ χρησιμοποιείται στα ετερογενή πολυ-υπολογιστικά συστήματα
  - ΔΛΣ, NOS - Network Operating System
  - Η βασική διαφορά από τα παραδοσιακά ΛΣ είναι ότι οι τοπικές υπηρεσίες γίνονται διαθέσιμες σε απομακρυσμένους πελάτες
- Για να φτάσουμε πραγματικά σε ένα ΚΣ χρειάζεται να γίνουν βελτιώσεις στις υπηρεσίες των ΔΛΣ
  - Όπως καλύτερη υποστήριξη για την διαφάνεια της κατανεμημένης λειτουργίας
  - Οι βελτιώσεις αυτές οδηγούν στο ενδιάμεσο λογισμικό (middleware)

# Έννοιες Σχετικές Με S/W

System	Description	Main Goal
DOS	Tightly-coupled operating system for multi-processors and homogeneous multicomputers	Hide and manage hardware resources
NOS	Loosely-coupled operating system for heterogeneous multicomputers (LAN and WAN)	Offer local services to remote clients
Middleware	Additional layer atop of NOS implementing general-purpose services	Provide distribution transparency

# ΛΣ Πολυεπεξεργαστών

- Τα Λειτουργικά Συστήματα Πολυεπεξεργαστών (ΛΣΠ)
  - Multiprocessor Operating Systems (MOS)
  - Χρησιμοποιούνται στους πολυεπεξεργαστές με κοινή κύρια μνήμη
  - Μία σημαντική επιδίωξη είναι ο αριθμός των CPU να γίνεται διαφανής για την εφαρμογή
  - Οι χρήστες των συστημάτων αυτών βλέπουν ένα μόνο λειτουργικό σύστημα, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για τη λύση ενός προβλήματος με παράλληλο τρόπο, είτε για την ταυτόχρονη εκτέλεση προγραμμάτων πολλών χρηστών
- Σε ένα ΛΣΠ υπάρχει ένας μόνο εικονικός χώρος διευθύνσεων και ένα κοινό ρολόι
  - Ο χώρος αυτός (κατα)μερίζεται μεταξύ των διαφόρων επεξεργαστών του συστήματος
  - Όλες οι δομές δεδομένων που χρειάζονται στο ΛΣ για την διαχείριση του υλικού, συμπεριλαμβανομένων των πολλών CPU τοποθετούνται στην κοινόχρηστη μνήμη
  - Όλοι οι επεξεργαστές έχουν κοινή αντίληψη του χρόνου

# ΛΣ Πολυεπεξεργαστών

- Τα ΛΣΠ δε διαφέρουν πολύ από τα κλασικά λειτουργικά συστήματα ενός επεξεργαστή
  - Η κύρια διαφορά είναι ότι οι δομές δεδομένων είναι προσπελάσιμες από πολλούς επεξεργαστές και επομένως πρέπει να προστατεύονται από την ταυτόχρονη προσπέλαση ώστε να εξασφαλίζεται η συνέπεια
  - Η ιδέα είναι ότι όλη η επικοινωνία μεταξύ των CPU πραγματοποιείται με τον χειρισμό δεδομένων σε κοινόχρηστες θέσεις μνήμης, και ότι μόνο εκείνα τα δεδομένα χρειάζεται να προστατευθούν από την ταυτόχρονη προσπέλαση
  - Ο αμοιβαίος αποκλεισμός των κρίσιμων περιοχών των διεργασιών που εκτελούνται ταυτόχρονα σε διαφορετικούς επεξεργαστές μπορεί να εξασφαλιστεί με τη χρήση ειδικών εντολών του υλισμικού που συγχρονίζουν την πρόσβαση σε (κατα)μεριζόμενες δομές δομένων στην κοινή μνήμη
  - Η προστασία γίνεται με τη χρήση θεμελιωδών λειτουργιών συγχρονισμού όπως οι σηματοφορείς και οι ελεγκτές
  - Η προσαρμογή παραδοσιακών ΛΣ για πολυεπεξεργαστές σημαίνει γενικά επανασχεδιασμό και νέα υλοποίηση ολόκληρου του πυρήνα

---

# ΛΣ Πολυεπεξεργαστών

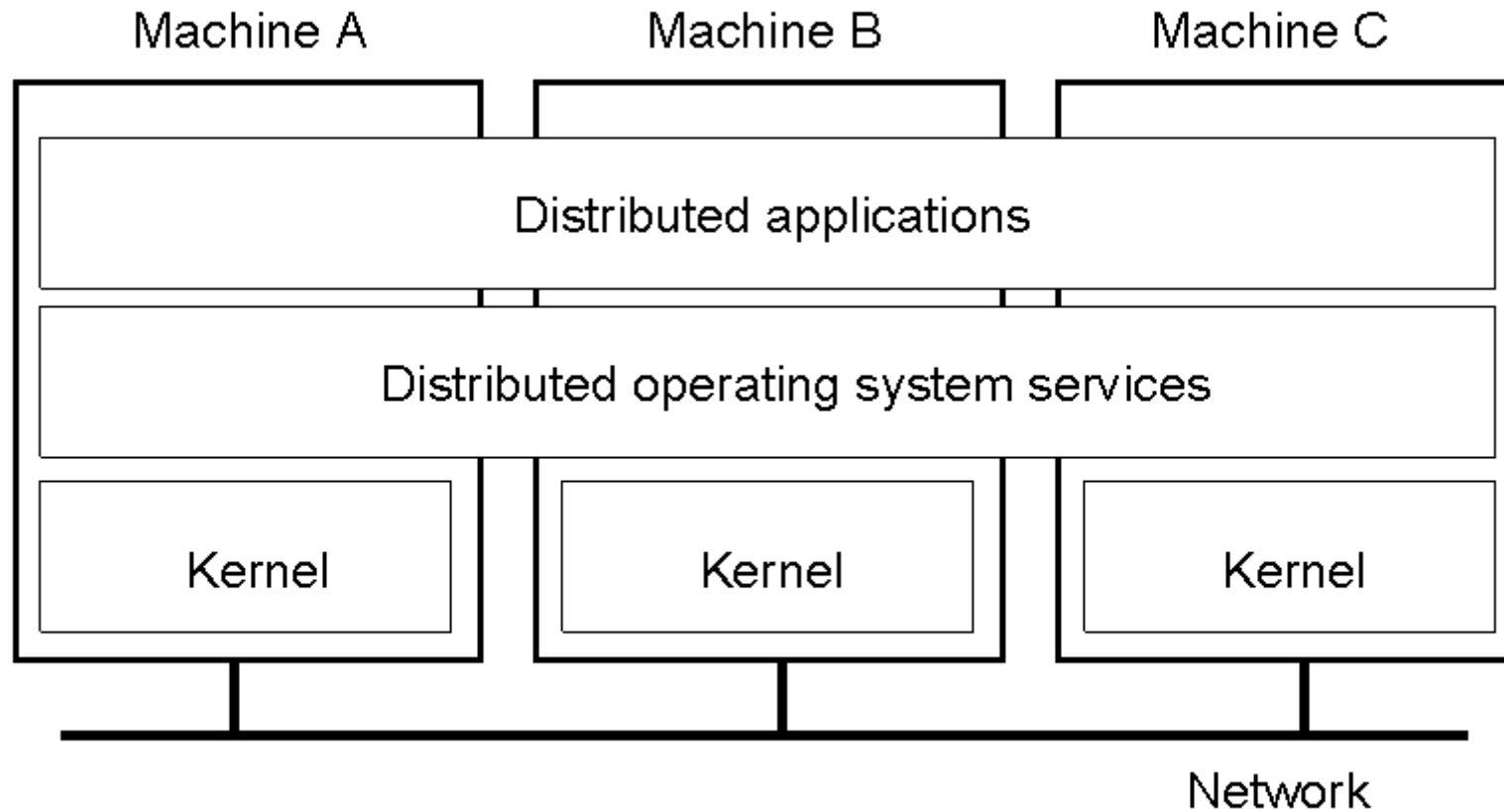
- Το βασικό χαρακτηριστικό των ΛΣΠ είναι μία κεντρική λίστα ετοιμών διεργασιών (λίστα διανομέα), αποθηκευμένη στην κοινή μνήμη
- Ο μόνος παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την επιλογή μιας ΚΜΕ είναι η μικρή ελάττωση της καθυστέρησης αν η ΚΜΕ αυτή περιέχει ήδη στην κρυφή μνήμη της μέρος του χώρου διευθύνσεων της υπό διανομή διεργασίας
- Σε μερικά ΛΣΠ μία από τις ΚΜΕ αφιερώνεται στην εκτέλεση του πυρήνα και των διεργασιών του λειτουργικού συστήματος, ενώ οι υπόλοιπες ασχολούνται με τις διεργασίες των χρηστών, με αποτέλεσμα η ΚΜΕ αυτή να καταλήγει ως σημείο συνωστισμού ή συμφόρησης
- Αν και το ΛΣΠ παρέχει στους χρήστες την εικόνα ενός μόνο συστήματος, δεν θεωρείται ως κατανεμημένο σύστημα σύμφωνα με τον ορισμό αφού δε χρησιμοποιεί ανεξάρτητους υπολογιστές

---

# ΛΣ Πολυ-υπολογιστών

- Έχουν εντελώς διαφορετική δομή και πολυπλοκότητα από τα ΛΣΠ
  - Οφείλεται στο γεγονός ότι οι δομές δεδομένων για την διαχείριση πόρων σε ολόκληρο το σύστημα δεν είναι πλέον εύκολο να χρησιμοποιούνται ως κοινόχρηστες με απλή τοποθέτησή τους στην φυσική κοινόχρηστη μνήμη
  - Το μόνο μέσο επικοινωνίας είναι η μεταβίβαση μηνυμάτων
- Κάθε κόμβος έχει δικό του πυρήνα, ο οποίος περιέχει υπομονάδες για την διαχείριση τοπικών πόρων (μνήμη, CPU, δίσκος, κλπ)
  - Διαθέτει μία ξεχωριστή υπομονάδα για την διαχείριση της επικοινωνίας μεταξύ επεξεργαστών, δηλαδή την αποστολή και λήψη μηνυμάτων προς και από άλλους κόμβους

# ΛΣ Πολυ-υπολογιστών



- General structure of a multicomputer operating system

---

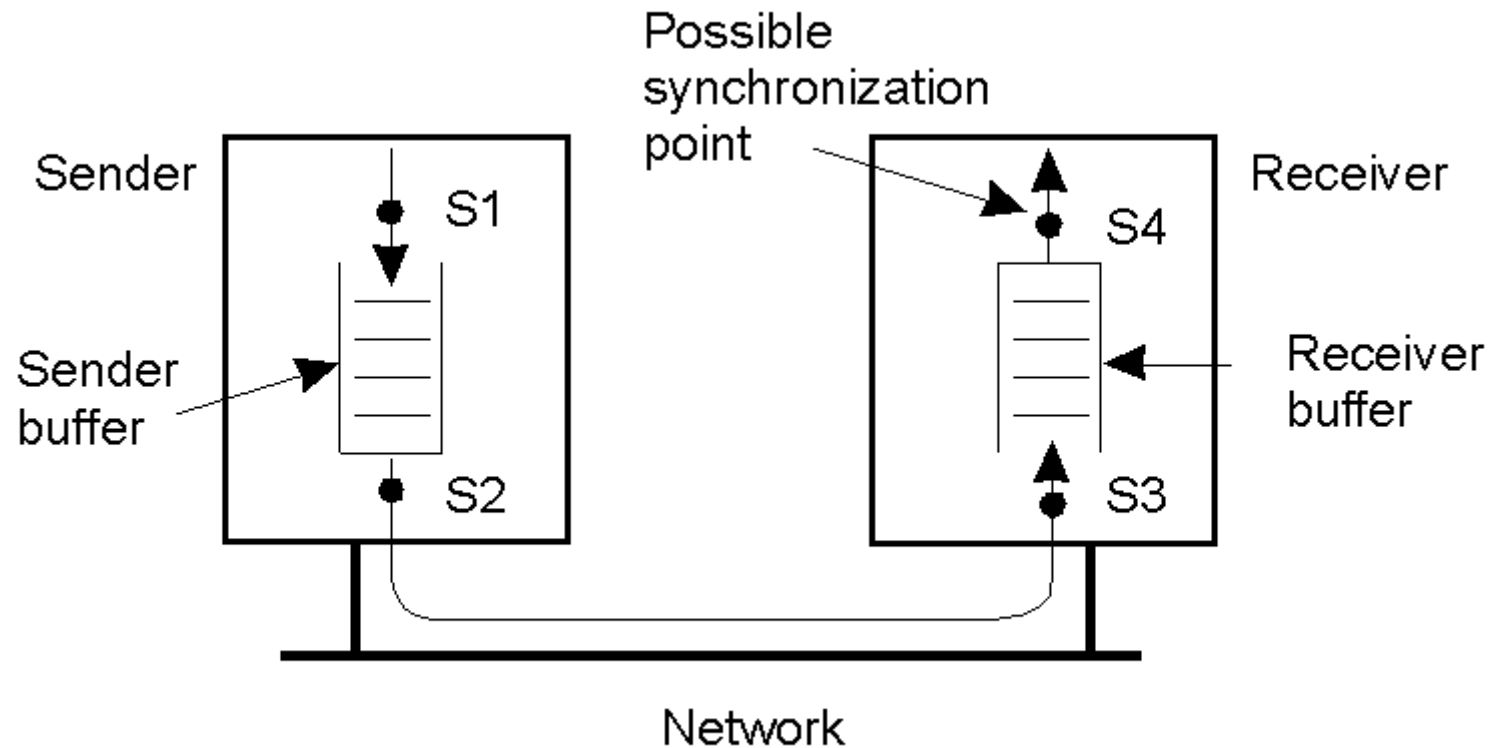
# ΛΣ Πολυ-υπολογιστών

- Πάνω από κάθε τοπικό πυρήνα υπάρχει ένα κοινό επίπεδο λογισμικού το οποίο υλοποιεί το ΛΣ ως μία εικονική μηχανή
  - Το επίπεδο αυτό μπορεί ακόμη και να παρέχει ένα αφηρημένο μοντέλο πολυεπεξεργαστικού μηχανήματος
  - Παρέχει μία πλήρη υλοποίηση κοινόχρηστης μνήμης μέσω λογισμικού
- Παραδείγματα μηχανισμών που υλοποιούνται σε αυτό το επίπεδο συνήθως είναι:
  - Η ανάθεση μίας εργασίας σε έναν επεξεργαστή
  - Η συγκάλυψη των αστοχιών υλικού
  - Η διαφανής αποθήκευση
  - Η γενική επικοινωνία μεταξύ διεργασιών
- Δηλαδή, οι μηχανισμοί που θα περίμενε κανείς από οποιοδήποτε ΛΣ

# ΛΣ Πολυ-υπολογιστών

- Η σημειολογία των θεμελιωδών λειτουργιών μεταβίβασης μηνυμάτων μπορεί να διαφέρει πολύ από σύστημα σε σύστημα
- Εξετάζουμε
  - Αν γίνεται προσωρινή αποθήκευση των μηνυμάτων
  - Αν μία διεργασία που στέλνει ή λαμβάνει μηνύματα μπλοκάρεται
    - Αν υπάρχει χώρος προσωρινής αποθήκευσης στην μεριά του αποστολέα, τότε ο αποστολέας έχει νόημα να μπλοκάρεται μόνο όταν ο χώρος προσωρινής αποθήκευσης είναι γεμάτος
  - Αν η επικοινωνία είναι αξιόπιστη
    - Το χαρακτηριστικό της αξιόπιστης επικοινωνίας είναι ότι ο αποστολέας μπορεί να είναι σίγουρος ότι το μήνημά του θα παραδοθεί

# ΛΣ Πολυ-υπολογιστών



- Alternatives for blocking and buffering in message passing

# ΛΣ Πολυ-υπολογιστών

- Στο σχήμα παρατηρούμε:
  - Υπάρχουν μόνο 2 σημεία όπου τα μηνύματα μπορούν να αποθηκεύονται προσωρινά
  - Αυτό οδηγεί σε 4 πιθανά σημεία συγχρονισμού, δηλαδή σημεία στα οποία ένας αποστολέας ή παραλήπτης μπορεί να μπλοκαριστεί
  - Αν το λειτουργικό μπλοκάρει τον αποστολέα μέχρι να φτάσουν τα μηνύματα είτε στο S3 είτε στο S4, θα πρέπει να εγγυάται την αξιόπιστη επικοινωνία, αλλιώς μπορούμε να βρεθούμε σε μία κατάσταση όπου ο αποστολέας περιμένει επιβεβαίωση της παραλαβής ή της παράδοσης ενώ στο μεταξύ το μηνυμά του έχει χαθεί κατά τη μετάδοση

# ΛΣ Πολυ-υπολογιστών

<b>Synchronization point</b>	<b>Send buffer</b>	<b>Reliable comm. guaranteed?</b>
Block sender until buffer not full	Yes	Not necessary
Block sender until message sent	No	Not necessary
Block sender until message received	No	Necessary
Block sender until message delivered	No	Necessary

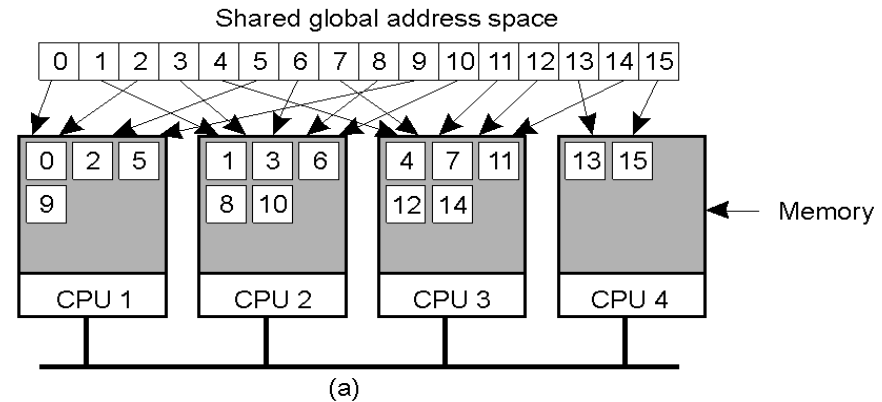
- Relation between blocking, buffering, and reliable communications

# Συστήματα Κατανεμημένης Κοινόχρηστης Μνήμης

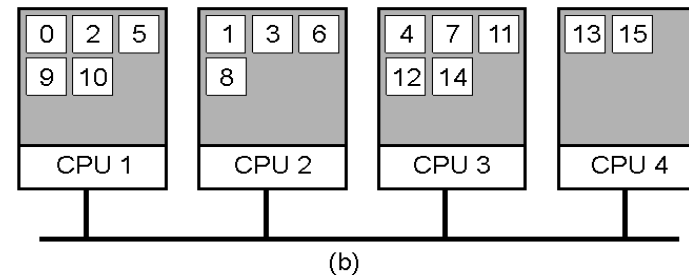
- Η πράξη δείχνει ότι ο προγραμματισμός πολυ-υπολογιστών είναι δυσκολότερος από τον προγραμματισμό πολυεπεξεργαστών
  - Η διαφορά οφείλεται στο γεγονός ότι η επικοινωνία είναι ευκολότερο να εκφραστεί με διεργασίες που προσπελάζουν κοινόχρηστα δεδομένα και χρησιμοποιούν απλές θεμελιώδεις αρχές συγχρονισμού, παρά με μόνο διαθέσιμο μέσο τους μηχανισμούς μεταβίβασης μνημάτων
- Έχει γίνει έρευνα για την προσομοίωση κοινόχρηστης μνήμης σε που-υπολογιστές
  - Ένας τρόπος προσέγγισης είναι να χρησιμοποιηθούν οι δυνατότητες εικονικής μνήμης του κάθε ξεχωριστού κόμβου με σκοπό την υποστήριξη ενός μεγάλου εικονικού χώρου διευθύνσεων
  - Αυτό οδηγεί στην λεγόμενη σελιδοποιημένη κατανεμημένη κοινόχρηστη μνήμη (ΚΚΜ)
    - Ως υποστηρικτικός χώρος αποθήκευσης χρησιμοποιείται η απομακρυσμένη RAM και όχι ο τοπικός δίσκος
    - Αναπαραγωγή σελίδων οι οποίες είναι μόνο για ανάγνωση
    - Ένα ζήτημα στη σχεδίαση είναι να αποφασιστεί πόσο μεγάλες θα πρέπει να είναι οι σελίδες
    - Λανθασμένος μερισμός

# Συστήματα Κατανεμημένης Κοινόχρηστης Μνήμης

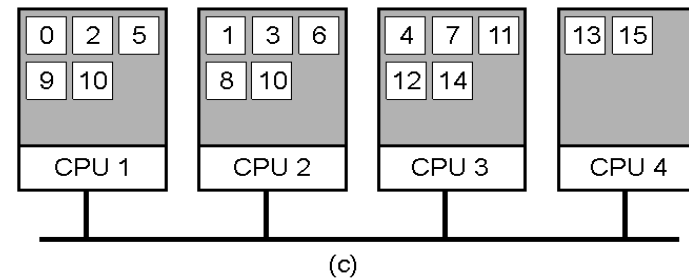
a) Pages of address space distributed among four machines



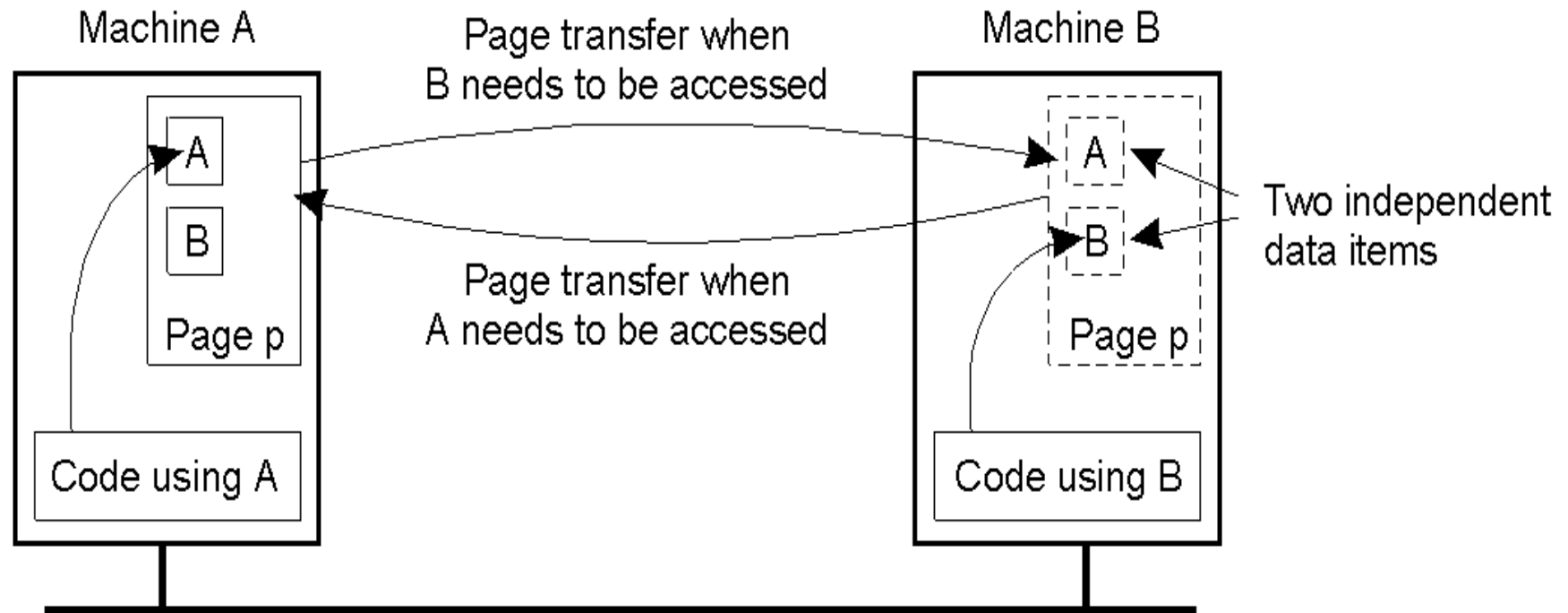
b) Situation after CPU 1 references page 10



c) Situation if page 10 is read only and replication is used



# Συστήματα Κατανεμημένης Κοινόχρηστης Μνήμης



# Συστήματα Κατανεμημένης Κοινόχρηστης Μνήμης

- Στο μοντέλο της **ΚΚΜ (Distributed Shared Memory – DSM)** οι μνήμες είναι μεν χωρικά κατανεμημένες αλλά αποτελούν ένα ενιαίο χώρο διευθύνσεων
  - Έτσι ένας απομακρυσμένος επεξεργαστής μπορεί να ζητήσει μια διεύθυνση που βρίσκεται στην τοπική μνήμη ενός άλλου επεξεργαστή
- Σε αντίθεση με τους πολυεπεξεργαστές κοινής μνήμης οι πολυυπολογιστές DSM καλούνται μηχανές **Μη-Ομοιόμορφης Προσπέλασης Μνήμης (Non-Uniform Memory Access – NUMA)**
  - Ο λόγος είναι ότι τώρα, αν και ο χώρος διευθύνσεων είναι ενιαίος, διαφορετικό χρόνο προσπέλασης θα έχει μια κλήση που θα εξυπηρετηθεί από την τοπική μνήμη και διαφορετικό χρόνο (συνήθως μεγαλύτερο χρόνο) θα έχει μια κλήση που θα εξυπηρετηθεί από μια απομακρυσμένη μνήμη

---

# Συστήματα Κατανεμημένης Κοινόχρηστης Μνήμης

- Η ΚΚΜ για παράλληλο προγραμματισμό υψηλής απόδοσης δεν μπόρεσε να εκπληρώσει τις αρχικές προσδοκίες
- Αν λάβουμε υπόψη ότι η ευκολία προγραμματισμού αποτελούσε εξ αρχής ένα σημαντικό λόγο για την ανάπτυξη συστημάτων ΚΚΜ, η εξασθένιση της συνέπειας στην αναπαραγωγή σελίδων δεν αποτελεί πραγματικά μια εναλλακτική λύση

---

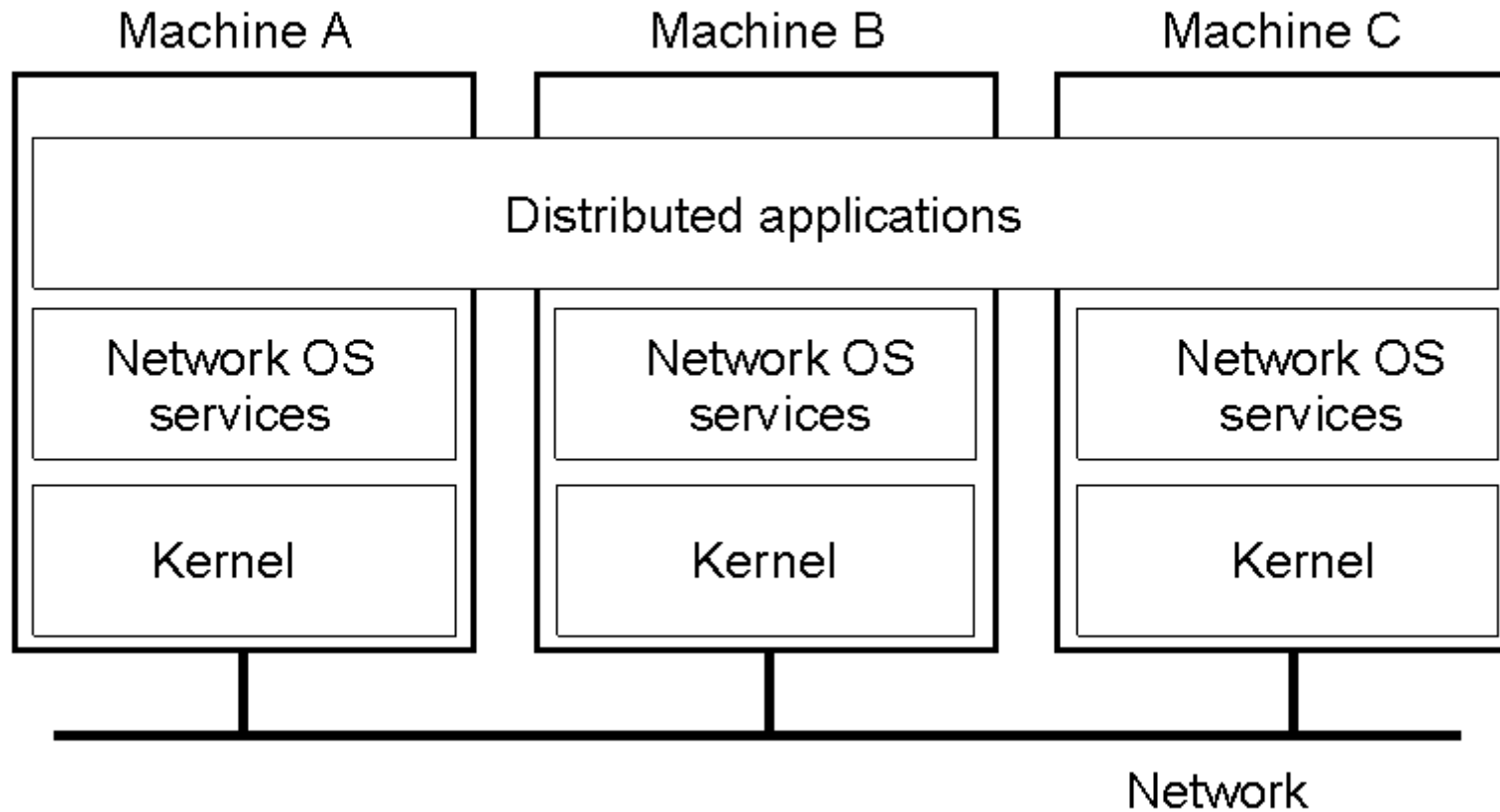
# ΛΣ Δικτύων

- Τα Λειτουργικά Συστήματα Δικτύων (ΛΣΔ)
  - Network Operating Systems (NOS)
  - Χρησιμοποιούνται σε ετερογενή και ομοιογενή συστήματα πολυ-υπολογιστών
  - Δίνουν στους χρήστες τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν πόρους που διατίθενται από άλλους υπολογιστές του δικτύου
  - Χωρίς όμως να κρύβουν ότι οι πόροι αυτοί δεν είναι τοπικοί
  
- Για παράδειγμα, σε ένα ΛΣΔ οι χρήστες μπορούν
  - Να αντιγράφουν αρχεία μεταξύ διαφορετικών μηχανών
  - Να εκτελούν εντολές σε απομακρυσμένες μηχανές
  - Να συνδέονται σε απομακρυσμένες μηχανές
  - Χρησιμοποιώντας το τοπικό τους σύστημα σαν τερματικό

# ΛΣ Δικτύων

- Τα λειτουργικά συστήματα κάθε μηχανής του δικτύου είναι ουσιαστικά ίδια με τα λειτουργικά συστήματα ενός επεξεργαστή, με ορισμένες προσθήκες για την υλοποίηση των δικτυακών υπηρεσιών
- Οι μηχανές μπορεί να διαθέτουν είτε όλες το ίδιο λειτουργικό σύστημα είτε διαφορετικά λειτουργικά συστήματα, αρκεί να συμφωνούν στο *μορφότυπο (format)* και στη σημασία των μηνυμάτων που μπορεί να ανταλλάξουν
  - Οι προσθήκες αυτές δεν αλλάζουν τη βασική δομή του λειτουργικού συστήματος, αφού κάθε μηχανή διατηρεί πλήρη αυτονομία, ελέγχει πλήρως τους πόρους της και τους διαθέτει μέσω δικτύου κατόπιν ρητών αιτήσεων από απομακρυσμένους χρήστες
- Σαν αποτέλεσμα, ένα ΛΣΔ δεν παρέχει την εικόνα ενός μόνο συστήματος, οπότε δε θεωρείται ούτε αυτό κατακεκολλημένο σύστημα σύμφωνα με τον ορισμό

# ΑΣ Δικτύων



- General structure of a Network Operating System

# ΛΣ Δικτύων

- Μία υπηρεσία που παρέχεται συνήθως από τα ΔΛΣ είναι η δυνατότητα εισόδου (log in) ενός χρήστη σε ένα άλλο μηχάνημα από απόσταση χρησιμοποιώντας μία εντολή όπως
  - rlogin μηχάνημα
  - Το αποτέλεσμα αυτής της εντολής είναι η μετατροπή του σταθμού εργασίας του χρήστη σε ένα απομακρυσμένο τερματικό συνδεδεμένο στο απομακρυσμένο μηχάνημα
  - Για να περάσει ο χρήστης σε ένα άλλο απομακρυσμένο μηχάνημα πρέπει πρώτα να ανοίξει ένα νέο παράθυρο, και έπειτα να χρησιμοποιήσει την εντολή rlogin για να συνδεθεί με το νέο μηχάνημα
  - Η επιλογή του μηχανήματος γίνεται, επομένως, απολύτως ρητά από τον χρήστη
- Ένα άλλο παράδειγμα είναι η εντολή
  - rcp μηχάνημα1:αρχείο1 μηχάνημα2:αρχείο2

---

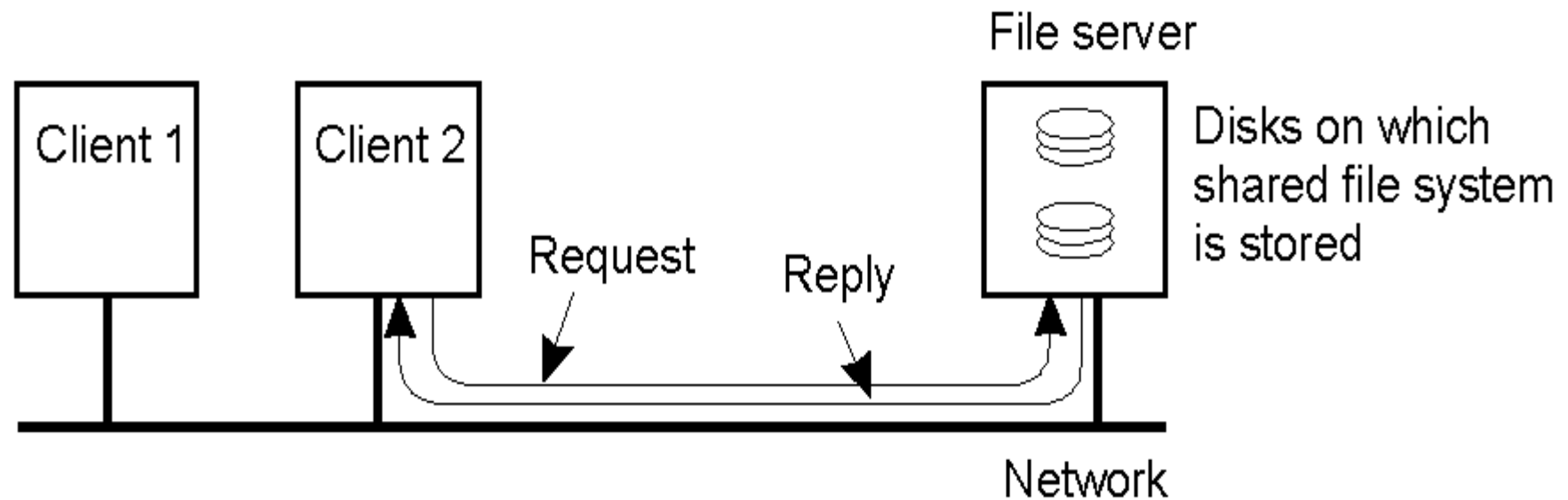
# ΛΣ Δικτύων

- Στην πραγματικότητα, ένα ΛΣΔ κάνει ιδιαίτερα εμφανές το ότι το σύστημα αποτελείται από ανεξάρτητους υπολογιστές
  - Για παράδειγμα, κάθε μηχανή έχει το δικό της σύστημα αρχείων, οπότε οι χρήστες όχι μόνο πρέπει να ορίζουν ρητά τις μηχανές ανάμεσα στις οποίες θέλουν να αντιγράψουν ένα αρχείο, αλλά θα πρέπει να γνωρίζουν και τη δομή του συστήματος αρχείων κάθε μηχανής
  - Δηλαδή, η θέση των αρχείων δεν είναι *διαφανής (transparent)* στους χρήστες, με την έννοια ότι οι χρήστες πρέπει να γνωρίζουν που ακριβώς (μηχανή και διαδρομή) βρίσκονται τα αρχεία που τους ενδιαφέρουν

# ΛΣ Δικτύων

- Εξυπηρετητές αρχείων (file servers)
  - Για να αυξηθεί η ευελιξία ενός ΛΣΔ, πολλά τέτοια συστήματα παρέχουν ένα (κατα)μεριζόμενο καθολικό σύστημα αρχείων το οποίο υποστηρίζεται από μία ή περισσότερες μηχανές
  - Οι υπόλοιπες μηχανές, γνωστές ως *πελάτες (clients)*, μπορεί να υποστηρίζουν και τα δικά τους τοπικά συστήματα αρχείων, αν έχουν τοπικούς δίσκους
  - Όλα τα αρχεία που μπορούν να (κατα)μεριστούν βρίσκονται αποθηκευμένα στους εξυπηρετητές, με αποτέλεσμα η θέση του κάθε αρχείου να είναι διαφανής στους χρήστες οι οποίοι προσπελάζουν τα απομακρυσμένα αρχεία με τον ίδιο τρόπο που προσπελάζουν τα τοπικά
  - Τα κατανεμημένα συστήματα αρχείων είναι ουσιαστικά το πρώτο βήμα των ΛΣΔ προς την εικόνα του ενός μόνο συστήματος που παρέχεται από τα κατανεμημένα συστήματα

# ΛΣ Δικτύων



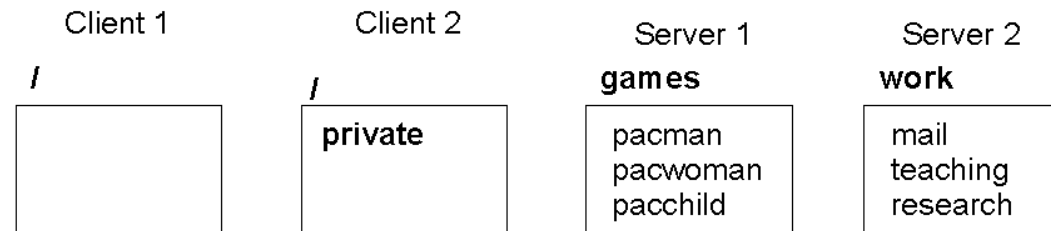
- Two clients and a server in a Network Operating System

---

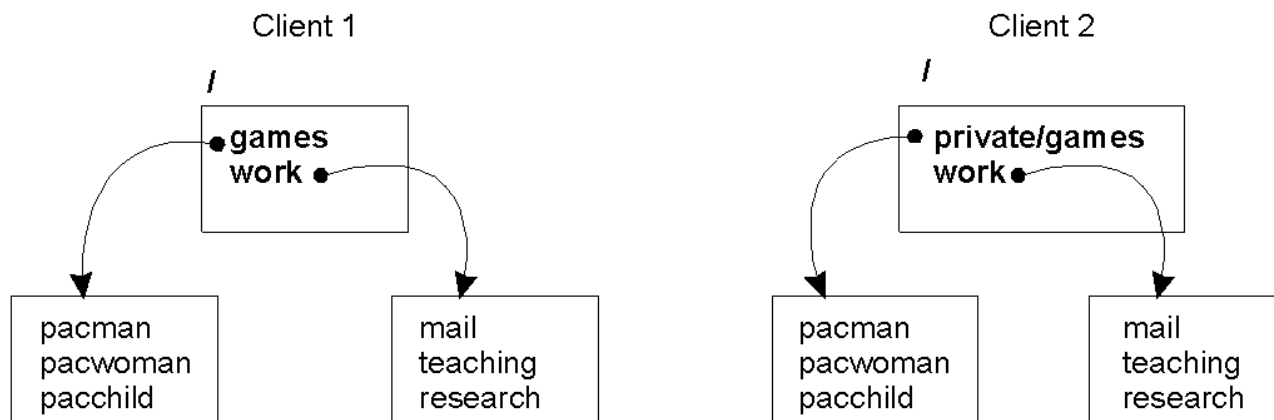
# ΛΣ Δικτύων

- Οι διακομιστές αρχείων διατηρούν ιεραρχικά συστήματα αρχείων καθένα από τα οποία έχει ένα βασικό κατάλογο (root directory) ο οποίος περιέχει υποκαταλόγους και αρχεία
- Οι clients μπορούν να εισάγουν ή να αναρτούν (mount) αυτά τα συστήματα αρχείων, αυξάνοντας τα τοπικά τους συστήματα αρχείων με προσθήκη εκείνων που βρίσκονται στους διακομιστές
  - Η θέση που αναρτά ένας client κάποιο διακομιστή στην ιεραρχία των καταλόγων του δεν έχει σημασία
  - Κάθε client μπορεί να έχει διαφορετική άποψη του συστήματος αρχείων

# ΛΣ Δικτύων



(a)



(b)

(c)

- Different clients may mount the servers in different places

# ΛΣ Δικτύων

- Τα ΛΣΔ είναι πιο πρωτόγονα από τα ΚΛΣ
  - Η κύρια διαφορά είναι ότι τα ΚΛΣ κάνουν σοβαρή προσπάθεια να επιτύχουν πλήρη διαφάνεια, δηλαδή να παράσχουν μία άποψη ενιαίου συστήματος
- Η έλλειψη διαφάνειας στα ΔΛΣ έχει μερικά προφανή μειονεκτήματα:
  - Είναι πιο δύσχρηστα
    - Καθώς οι χρήστες απαιτείται να αναφέρονται ρητά στα απομακρυσμένα μηχανήματα
  - Υπάρχει πρόβλημα διαχείρισης
    - Επειδή σε ένα ΔΛΣ όλα τα μηχανήματα είναι ανεξάρτητα, συχνά η διαχείρισή τους μπορεί να γίνεται μόνο ανεξάρτητα
    - Αποκεντρωτικός τρόπος προσέγγισης της ασφάλειας
- Υπάρχουν κάποια πλεονεκτήματα των ΛΣΔ σε σύγκριση με τα ΚΛΣ
  - Επειδή οι κόμβοι είναι σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητοι μεταξύ τους, η πρόσθεση ή αφαίρεση ενός μηχανήματος είναι εύκολη

---

# ΛΣ Δικτύων

- Κατανεμημένα λειτουργικά συστήματα
  - Κατάλληλα για ομοιογενή συστήματα πολύ-υπολογιστών
  - Εικόνα ενός μόνο συστήματος
  - Ίδιος πυρήνας σε όλες τις μηχανές
  - Απόκρυψη κατανεμημένης επεξεργασίας
  
- Λειτουργικά συστήματα πολυεπεξεργαστών
  - Κοινός χώρος διευθύνσεων και ρολόι
  - Προσθήκη μηχανισμών συγχρονισμού επεξεργαστών
  - Υποστήριξη συγχρονισμού μέσω υλικού
  - Περιορισμένη κλιμάκωση
  - Κατάλληλα για παράλληλη επεξεργασία

---

# ΛΣ Δικτύων

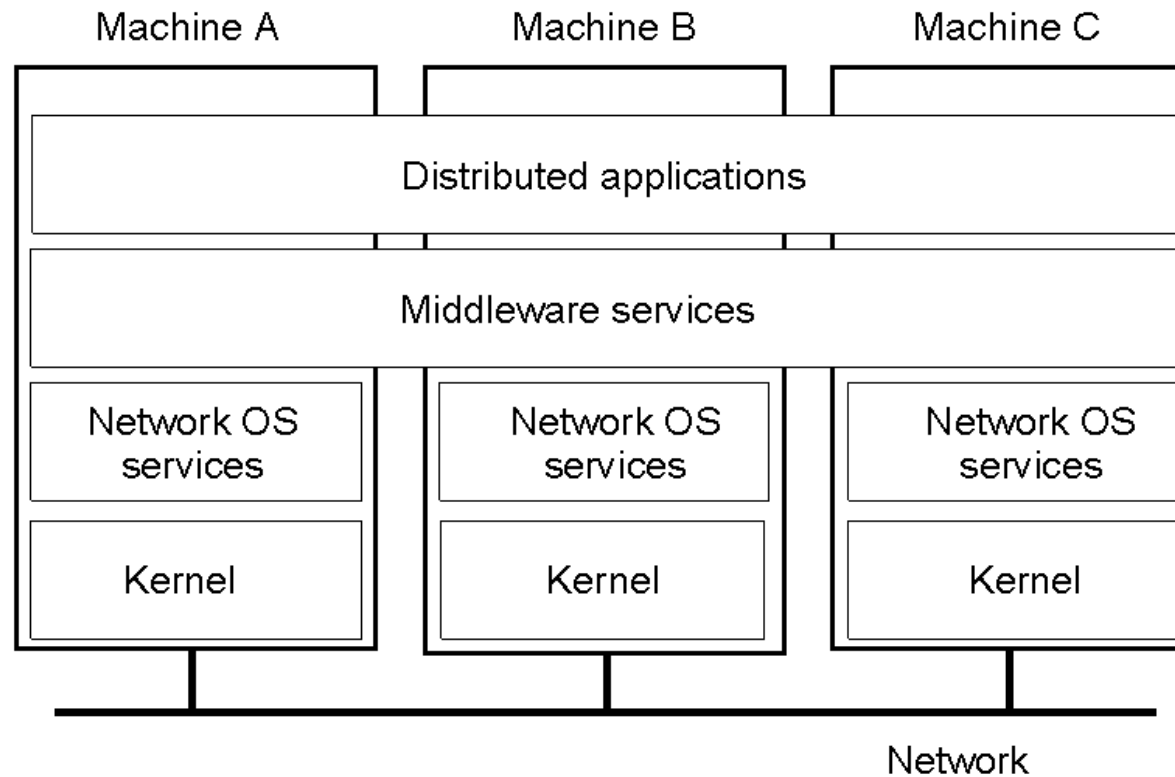
- Λειτουργικά συστήματα δικτύων
  - Ανεξάρτητα ομοιογενή ή ετερογενή συστήματα
  - Προσθήκη μηχανισμών επικοινωνίας μέσω δικτύου
  - Δεν παρέχουν εικόνα ενός συστήματος
  - Περιορισμένες υπηρεσίες
  - Κατάλληλα για καταμερισμό πόρων
  
- Σύγχρονα κατακεντρωμένα συστήματα
  - Επέκταση λειτουργικών συστημάτων δικτύου
  - Αξιοποίηση βασικών δικτυακών υπηρεσιών
  - Προσθήκη υπηρεσιών από ενδιαμέσο λογισμικό
  - Παροχή πραγματικά κατακεντρωμένων υπηρεσιών
  - Μερική εικόνα ενός μόνο συστήματος

---

# The Best of Both Worlds?

- DOS: too inflexible (all systems of the same type)
- NOS: too primitive (lowest common demoninator – too much diversity)
- “Middleware” – best possible compromise?
- Middleware = NOS + additional software layer

# Positioning Middleware



- General structure of a distributed system as middleware

# Comparison between Systems

Item	Distributed OS		Network OS	Middleware-based OS
	Multiproc.	Multicomp.		
Degree of transparency	Very High	High	Low	High
Same OS on all nodes	Yes	Yes	No	No
Number of copies of OS	1	N	N	N
Basis for communication	Shared memory	Messages	Files	Model specific
Resource management	Global, central	Global, distributed	Per node	Per node
Scalability	No	Moderately	Yes	Varies
Openness	Closed	Closed	Open	Open

# Uniprocessor Operating Systems

