



Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τηλεπικοινωνιών

Λειτουργικά Συστήματα – Προγραμματισμός Συστήματος

Μνήμη

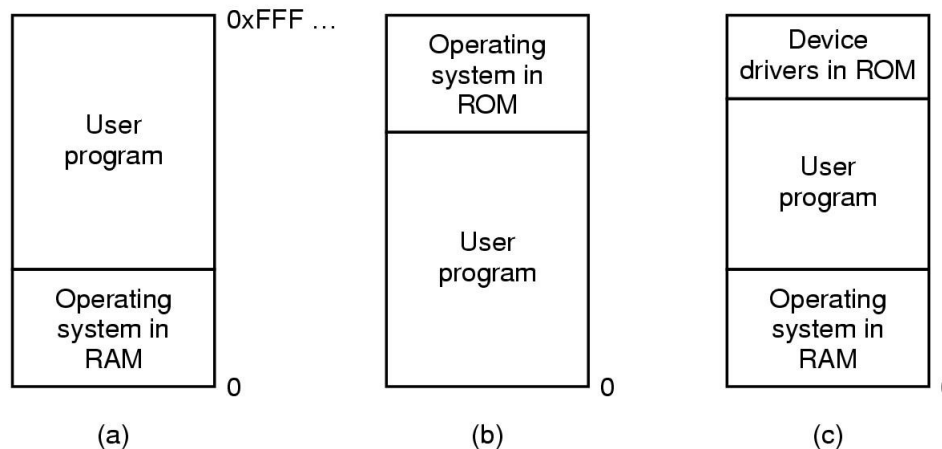
Διαχείριση Μνήμης

- Σε έναν ιδανικό κόσμο...
 - Η μνήμη θα ήταν άπειρη σε μέγεθος
 - Η μνήμη θα ήταν υπερβολικά γρήγορη
 - Η μνήμη δε θα έχανε τα περιεχόμενά της όταν διακόπτεται η παροχή ρεύματος
 - Η μνήμη θα ήταν τσάμπα!
- Στην πράξη: **ιεραρχία μνήμης (memory hierarchy)**...
 - Κρυφή μνήμη
 - Κύρια μνήμη
 - Αποθηκευτικός χώρος
- **Διαχειριστής μνήμης (memory manager)**: το τμήμα του λειτουργικού συστήματος που διαχειρίζεται την ιεραρχία μνήμης:
 - Παρακολούθηση χρήσης μνήμης
 - Κατανομή μνήμης στις διεργασίες
 - Αποδέσμευση

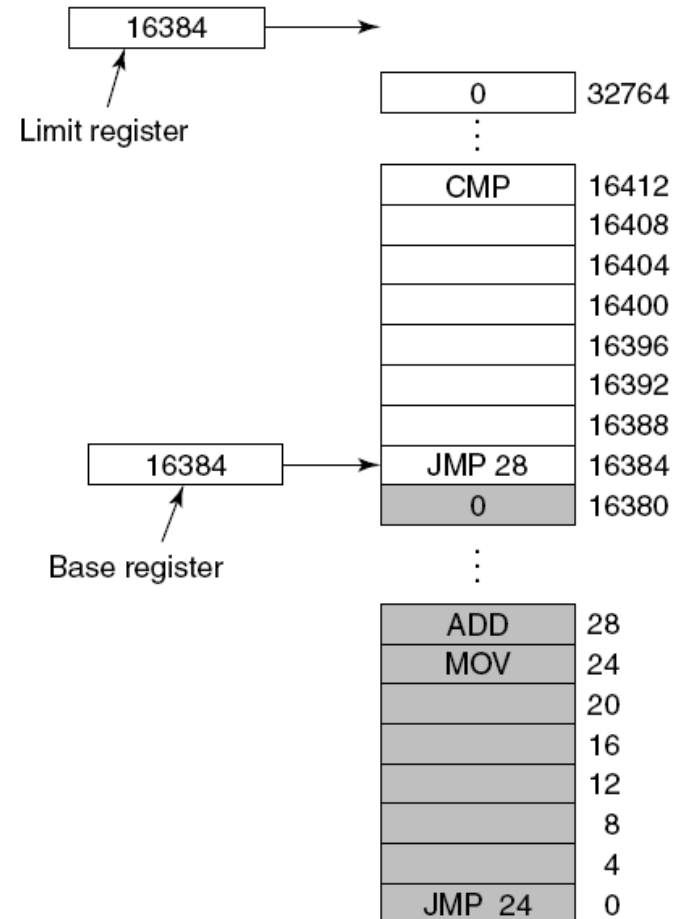
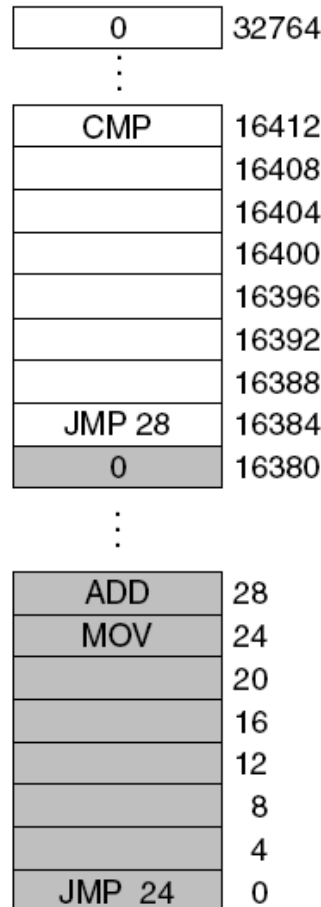


Διαχείριση Μνήμης Χωρίς Αφαίρεση

- Όλα τα προγράμματα βλέπουν όλη τη φυσική μνήμη
π.χ.: `MOVE REGISTER1, 1000`
- Μοντέλο μνήμης:
 - Διευθύνσεις: 0..MAX,
 - Κάθε διεύθυνση: συνήθως ένα byte
- Συνήθως: μονοπρογραμματισμός
- Διάφορα μοντέλα οργάνωσης



Στατική και Δυναμική Επανατοποθέτηση

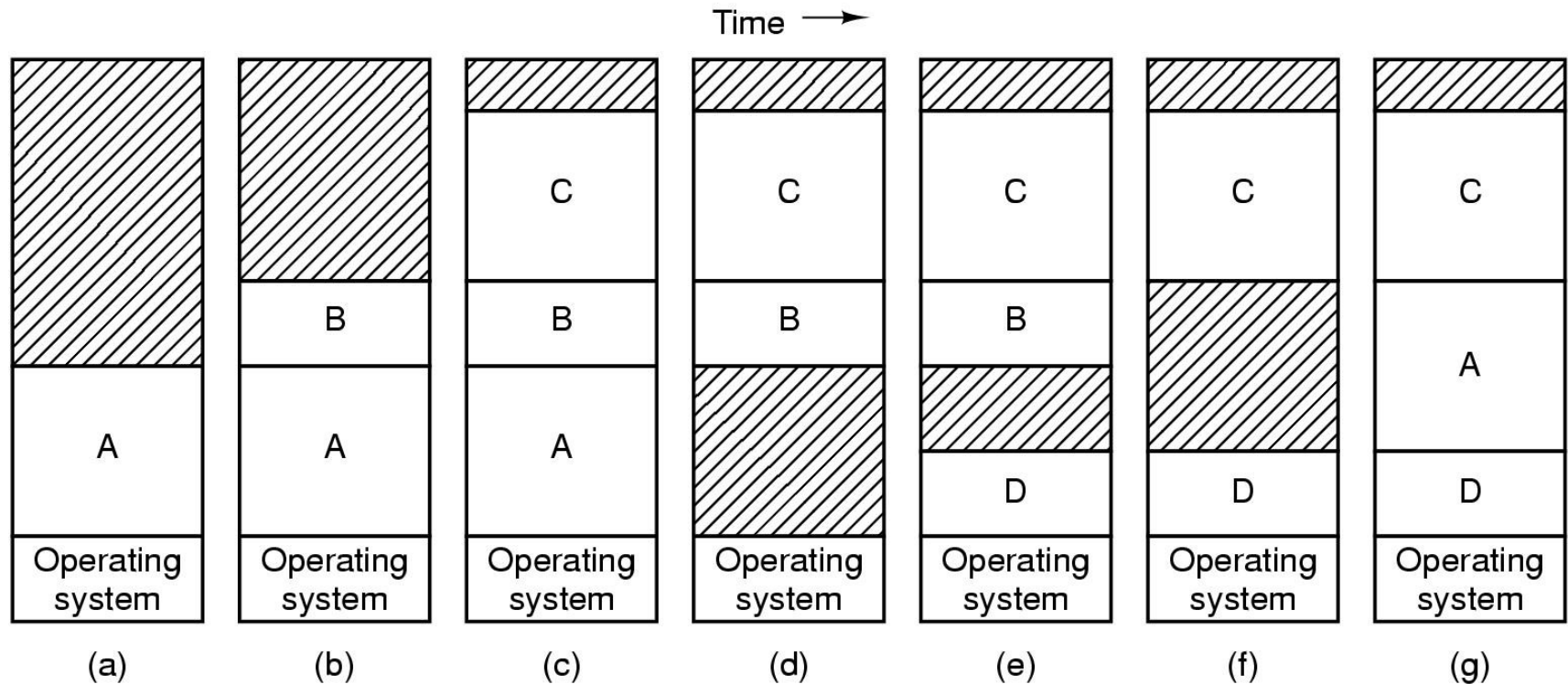


Η Έννοια του Χώρου Διευθύνσεων

- Το πρόβλημα: περισσότερες από μία διεργασίες στη μνήμη, χωρίς μεταξύ τους παρεμβολή
- Ζητήματα:
 - Προστασία
 - Επανατοποθέτηση
- Αφαίρεση: κάθε διεργασία βλέπει τις δικές της μόνο διευθύνσεις μνήμης, σαν να έτρεχε μόνη της στο υπολογιστικό σύστημα

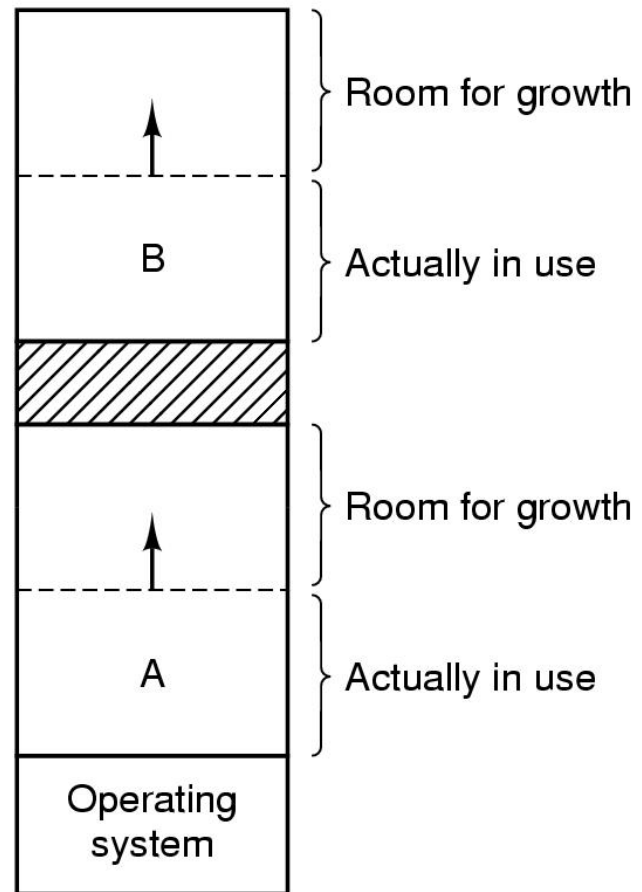


Εναλλαγή (Swapping)



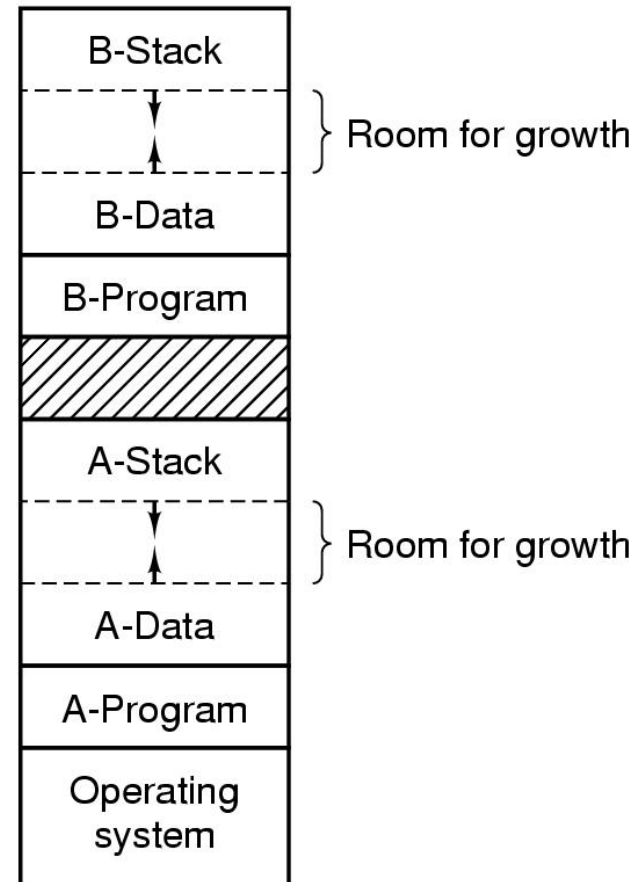
Επέκταση Χώρου Μνήμης Διεργασίας [1]

- Προβλέπεται η δέσμευση περισσότερου χώρου στη μνήμη για κάθε διεργασία
- Μείωση επιβαρύνσης που θα προκαλούσε η ανακατανομή των διεργασιών στη μνήμη



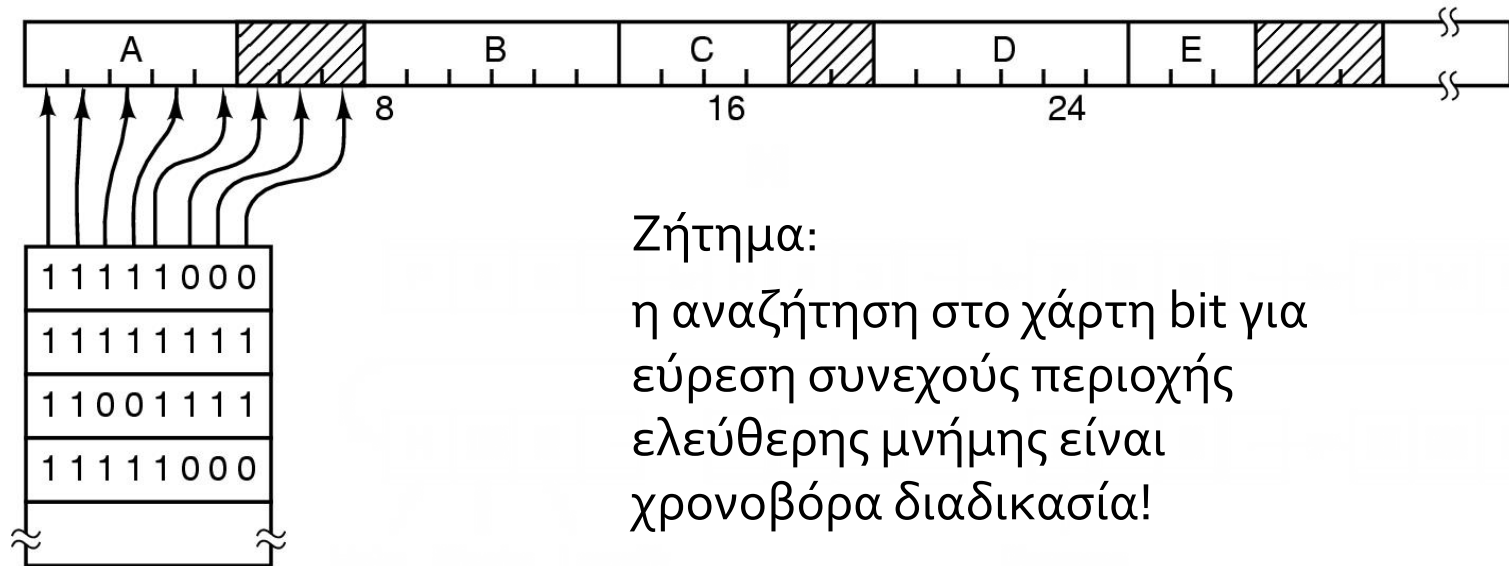
Επέκταση Χώρου Μνήμης Διεργασίας [2]

- Υπάρχουν περιπτώσεις που η κάθε διεργασία μπορεί να έχει περισσότερα επεκτάσιμα τμήματα
- “Ελεύθερος” χώρος μνήμης “μέσα” στο χώρο διευθύνσεων της διεργασίας



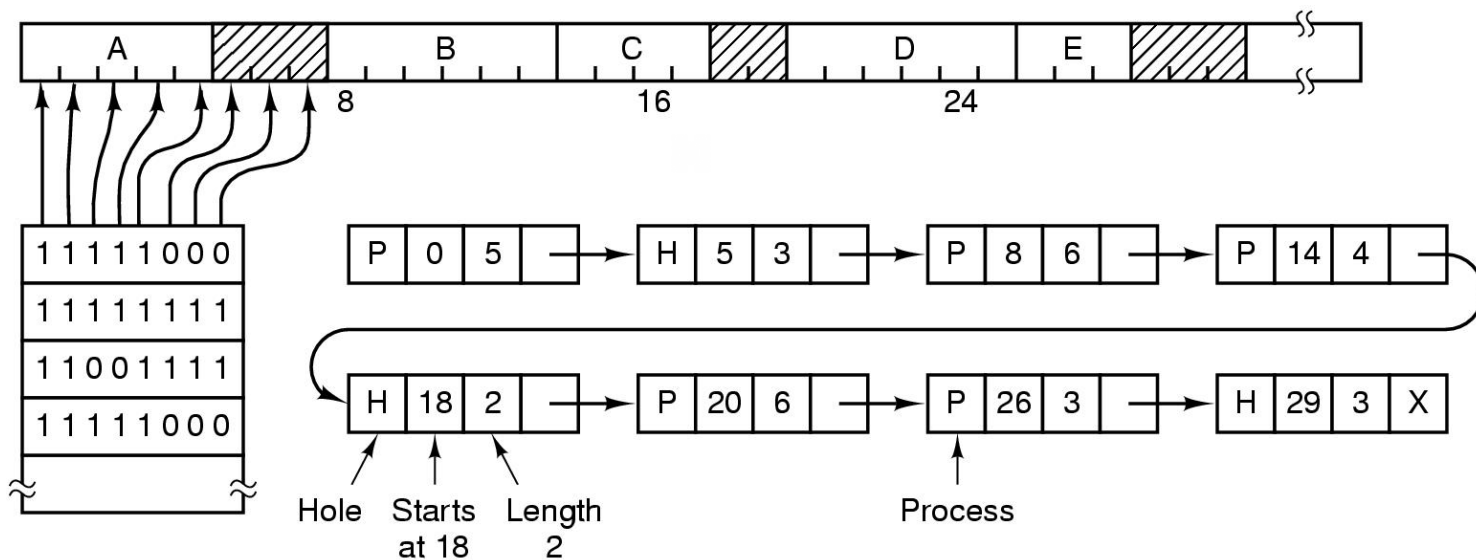
Διαχείριση Μνήμης με Χάρτες Bit

- Διαίρεση μνήμης σε μονάδες κατανομής (allocation units)
- Κάθε μονάδα κατανομής → ένα bit του χάρτη bit
 - Τιμή 0: ελεύθερη θέση μνήμης
 - Τιμή 1: κατειλημμένη θέση μνήμης



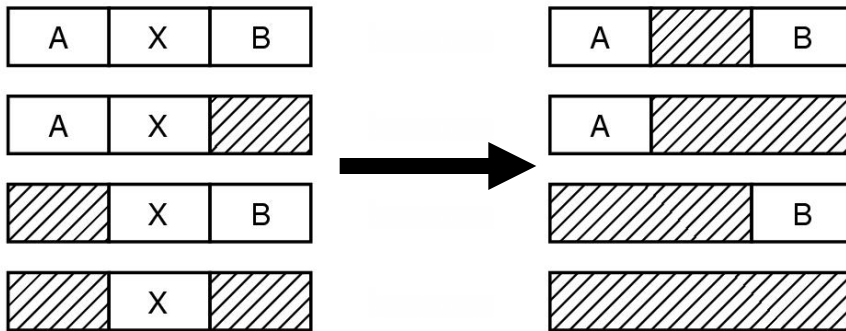
Διαχείριση Μνήμης με Συνδεδεμένες Λίστες [1]

- Συνδεδεμένη λίστα που περιέχει τα τμήματα της μνήμης
- Κάθε καταχώρηση περιλαμβάνει τέσσερα πεδία:
 - Οπή / Διεργασία
 - Διεύθυνση Εκκίνησης
 - Μέγεθος
 - Δείκτης
- Η λίστα είναι ταξινομημένη ως προς τις διευθύνσεις



Διαχείριση Μνήμης με Συνδεδεμένες Λίστες [2]

- Παραδείγματα τερματισμού διεργασιών



- Αλγόριθμοι εκχώρησης μνήμης σε διεργασία:
 - Πρώτη προσαρμογή
 - Επόμενη προσαρμογή
 - Βέλτιστη προσαρμογή
 - Χείριστη προσαρμογή
- Βελτίωση των αλγορίθμων διατηρώντας ξεχωριστές λίστες για οπές και διεργασίες



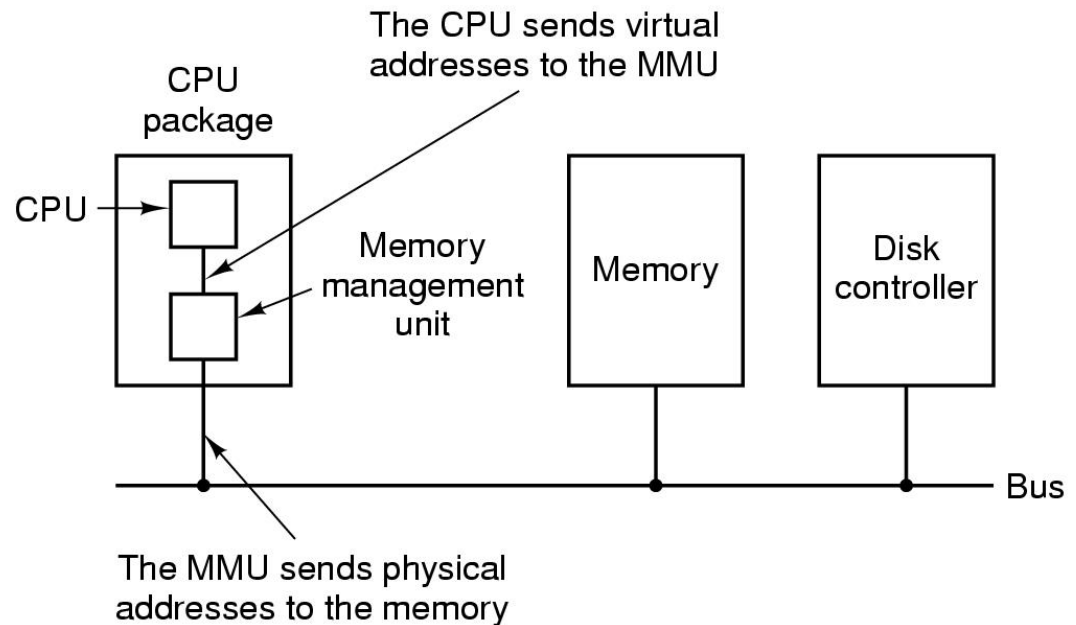
Εικονική Μνήμη

- Μειονέκτημα εναλλαγής: η φόρτωση ολόκληρης της διεργασίας στη μνήμη
 - Σπατάλη χρόνου μεταφοράς από/προς το δίσκο
 - Σπατάλη χώρου στη μνήμη
- Λύση: **εικονική μνήμη (virtual memory)**
- Βασική ιδέα: η διαίρεση του χώρου διευθύνσεων μίας διεργασίας σε **σελίδες (pages)**
- Κάθε σελίδα:
 - Αναφέρεται σε ένα συνεχές εύρος διευθύνσεων
 - Βρίσκεται “χαρτογραφημένη” στη μνήμη, αλλά
 - ΔΕΝ είναι απαραίτητο να βρίσκεται η ίδια στη μνήμη!



Μονάδα Διαχείρισης Μνήμης

- Λογική ή εικονική διεύθυνση (logical or virtual address): Η διεύθυνση που «βλέπει» η ΚΜΕ του συστήματος
- Φυσική διεύθυνση (physical address): Οι διευθύνσεις όπως τις «βλέπει» η μονάδα μνήμης
- Η αντιστοίχιση πραγματοποιείται από τη **Μονάδα Διαχείρισης Μνήμης (Memory Management Unit – MMU)**



Σελιδοποίηση

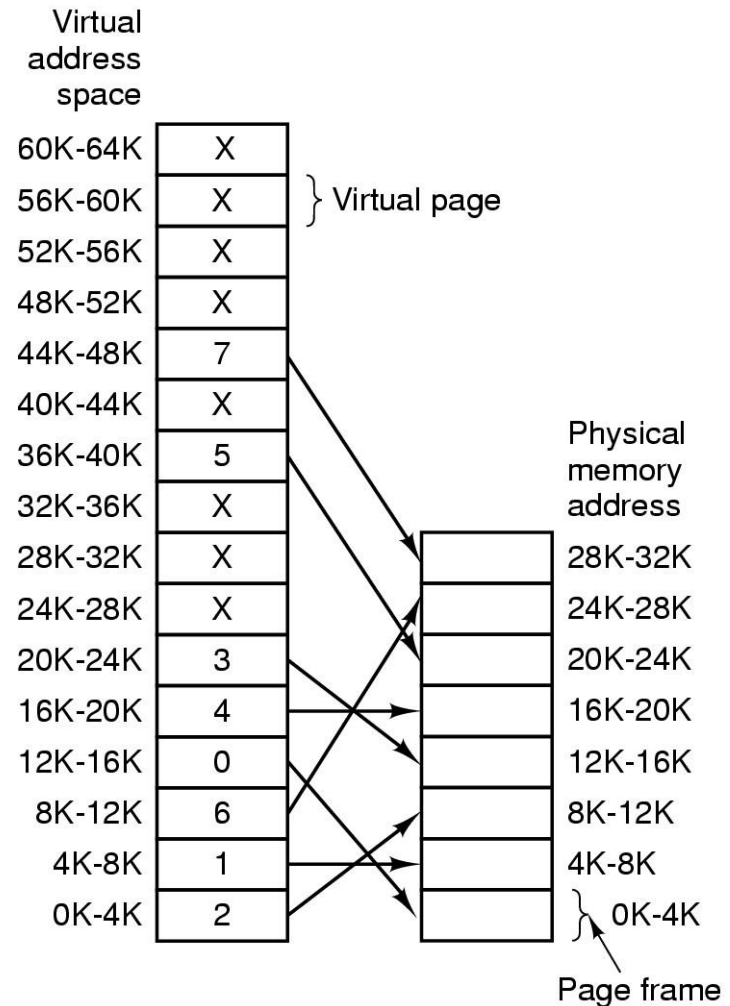
- Οι χώροι διευθύνσεων διαιρούνται σε τμήματα συγκεκριμένου μεγέθους
 - **Σελίδες (pages)**, για την εικονική μνήμη
 - **Πλαίσια σελίδας (page frames)**, για τη φυσική μνήμη
 - Μέγεθος σελίδας = μέγεθος πλαισίων σελίδας
 - Πλήθος σελίδων > πλήθος πλαισίων σελίδας
 - Μία σελίδα προγράμματος για να χρησιμοποιηθεί πρέπει να φορτωθεί σε ένα πλαίσιο σελίδας
 - Ο **πίνακας σελίδων (page table)** αντιστοιχίζει τις σελίδες σε πλαίσια σελίδων



Παράδειγμα

■ Τι θα συμβεί με τις εντολές:

- **MOVE REG, 0?**
- **MOVE REG, 8192?**
- **MOVE REG, 32780?**



Εσωτερική Λειτουργία MMU

- Παράδειγμα:

Εικονικές διευθύνσεις 16 bits

4 bits: αριθμός σελίδας

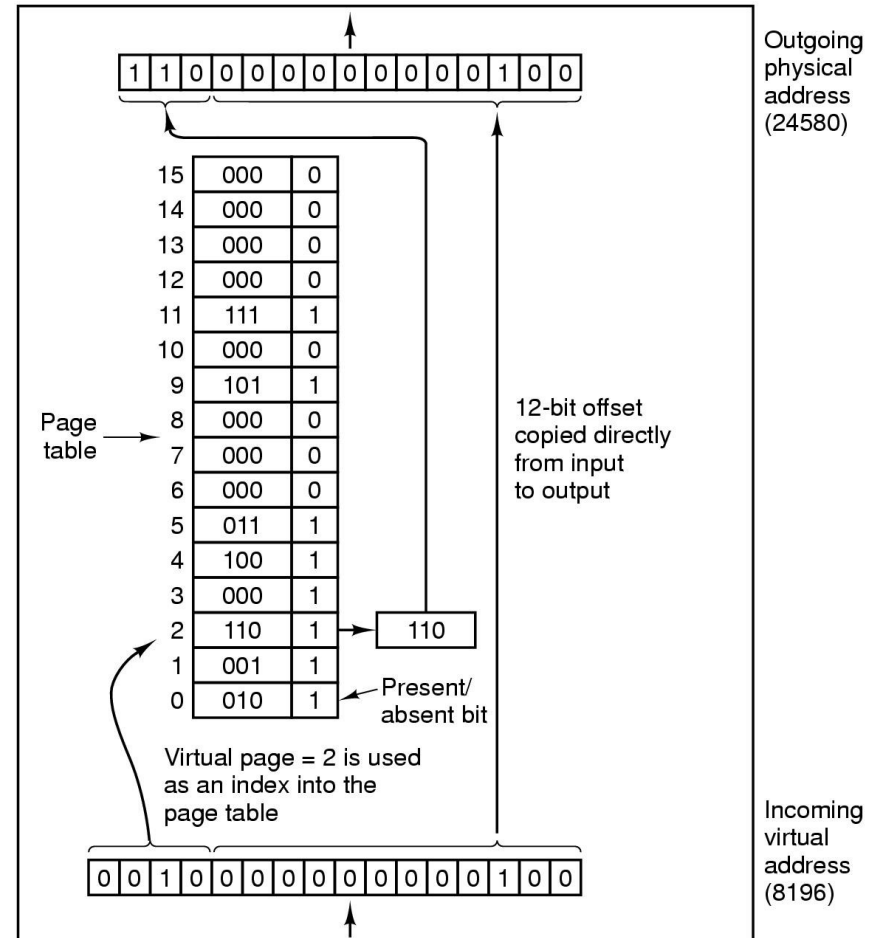
12 bits: σχετική διεύθυνση (offset)

⇒

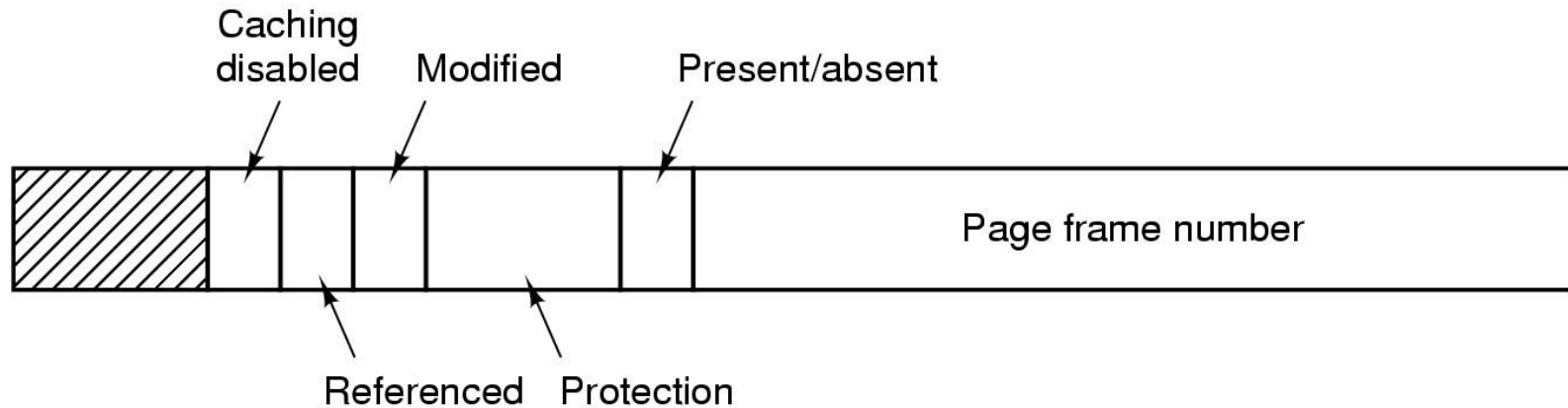
16 Σελίδες

4096 bytes / σελίδα

- Το bit παρουσίας/απουσίας (present/absent bit) δείχνει εάν μία σελίδα είναι στη μνήμη



Δομή Καταχώρησης στον Πίνακα Σελίδων



- Αριθμός πλαισίου σελίδας (page frame number)
- bit παρουσίας/απουσίας (present/absent bit)
- bits προστασίας (protection bits)
- bit τροποποίησης (modified bit)
- bit αναφοράς (referenced bit)
- bit απενεργοποίησης κρυφής μνήμης (caching disabled bit)



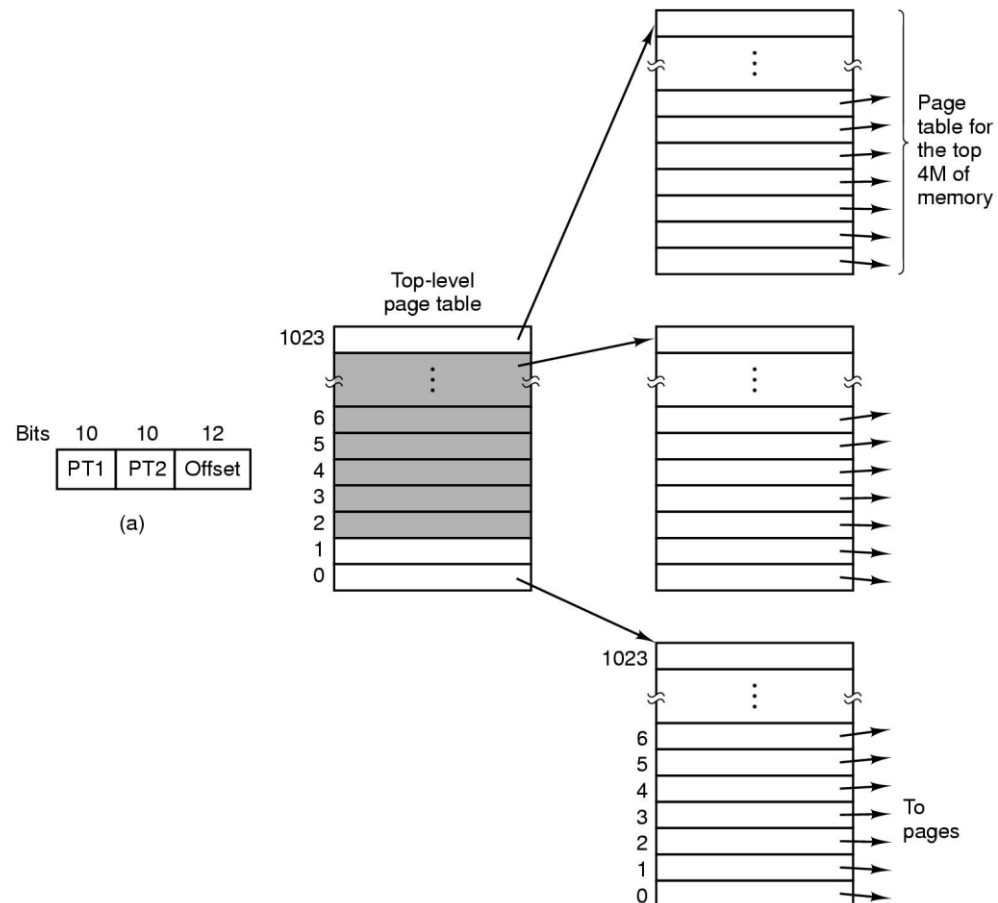
Επιτάχυνση Σελιδοποίησης

- Ζητήματα με τη σελιδοποίηση:
 - Η χαρτογράφηση από την εικονική στη φυσική διεύθυνση πρέπει να είναι γρήγορη
 - Μεγάλος χώρος εικονικών διευθύνσεων → μεγάλος πίνακας σελίδων
 - Για διευθύνσεις 32 bits με σελίδες 4K, χρειαζόμαστε 1M καταχωρήσεις → 4-8 MB μνήμης
 - Για διευθύνσεις 64 bits με σελίδες 4K, χρειαζόμαστε 2^{52} καταχωρήσεις → 30.000 GB μνήμης!
- Η επιτάχυνση βασίζεται στην παρατήρηση ότι τα περισσότερα προγράμματα:
 - Κάνουν πολλές αναφορές σε ελάχιστο αριθμό σελίδων
 - Κάνουν λίγες αναφορές στις υπόλοιπες
- Η λύση:
 - Παράκαμψη του πίνακα σελίδων για τις συχνές σελίδες
 - Χρήση της **Κρυφής Μνήμης Αναζήτησης Μετάφρασης (Translation Lookaside Buffer – TBL)**



Πολυεπίπεδοι Πίνακες Σελίδων

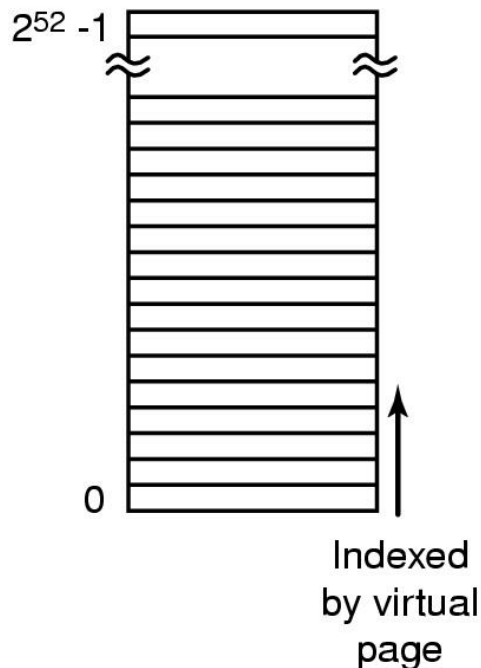
- Το τμήμα της εικονικής σελίδας της διεύθυνσης διαχωρίζεται σε τμήματα
- Παράδειγμα:
 - Εικονική διεύθυνση 32 bits
 - Πλαίσιο σελίδας 4K (12 bits)
 - 20 bits: αριθμός σελίδας →
 - τα 10 πρώτα bits είναι το 1^ο τμήμα
 - τα 10 επόμενα το 2^ο τμήμα



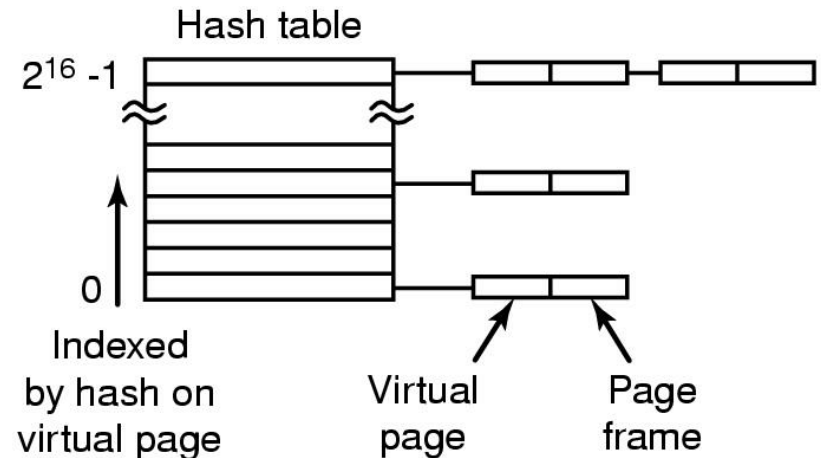
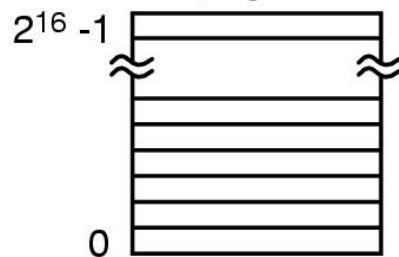
Ανεστραμμένοι Πίνακες Σελίδων

- Λογική: Αντί να έχουμε μία καταχώρηση ανά εικονική σελίδα → μία καταχώρηση ανά πλαίσιο σελίδας
- Επιτάχυνση μέσω κατακερματισμού

Traditional page table with an entry for each of the 2^{52} pages



256-MB physical memory has 2^{16} 4-KB page frames



Αλγόριθμοι Αντικατάστασης Σελίδων

- Αν πρέπει να προσκομιστεί σελίδα και όλα τα πλαίσια σελίδων είναι γεμάτα, πρέπει να απομακρυνθεί κάποια εικονική σελίδα
- Σχετικοί αλγόριθμοι:
 - Βέλτιστος αλγόριθμος αντικατάστασης σελίδας
 - Αλγόριθμος της σελίδας που δε χρησιμοποιήθηκε πρόσφατα (NRU)
 - Αλγόριθμος αντικατάστασης σελίδας FIFO
 - Αλγόριθμος αντικατάστασης σελίδας της δεύτερης ευκαιρίας
 - Αλγόριθμος αντικατάστασης σελίδας του ρολογιού
 - Αλγόριθμος αντικατάστασης σελίδας που πρόσφατα χρησιμοποιήθηκε λιγότερο (LRU)
 - Αλγόριθμος αντικατάστασης σελίδας του συνόλου εργασίας
 - Αλγόριθμος αντικατάστασης σελίδας WSClock

