

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



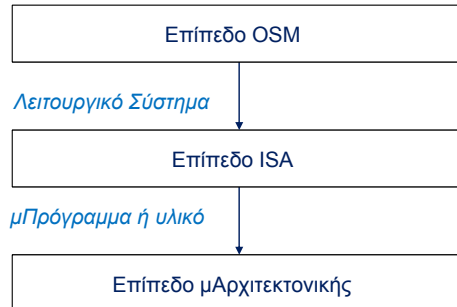
Διάρθρωση

1. Επίπεδο OSM
2. Εικονική μνήμη
3. Σελιδοποίηση μνήμης
4. Τμηματοποίηση χώρου διευθύνσεων



Επίπεδο OSM

- Το επίπεδο που υλοποιεί το λειτουργικό σύστημα ονομάζεται επίπεδο *μηχανής λειτουργικού συστήματος* (*operating system machine – OSM*).



- Το επίπεδο OSM περιέχει όλες τις εντολές του επιπέδου ISA αλλά και ένα νέο σύνολο εντολών που ονομάζονται *κλήσεις συστήματος* (*system calls*).
- Το επίπεδο OSM είναι ερμηνευόμενο.



ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΜΝΗΜΗ



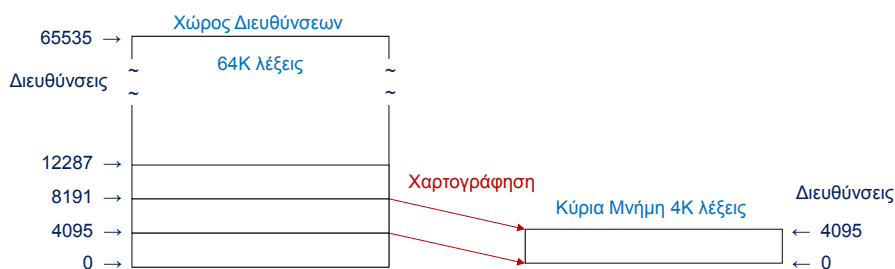
Εικονική Μνήμη

- Σε πολλές περιπτώσεις, για να καλυφθούν οι ανάγκες σε μνήμη απαιτείται η εικονική χρήση της δευτερεύουσας μνήμης (HDD ή SSD) ως κύριας μνήμης. Η τεχνική αυτή καλείται *εικονική μνήμη* (*virtual memory*).
- Παλαιότερα, για μεγάλα προγράμματα που δεν χωρούσαν στην κύρια μνήμη, ο προγραμματιστής τα υποδιαιρούσε σε τμήματα (*υπερθέματα – overlays*) που το καθένα μπορούσε να χωρέσει στη μνήμη.
- Σήμερα η διαχείριση των υπερθεμάτων γίνεται αυτόματα χωρίς την ανάγκη παρέμβασης του προγραμματιστή.



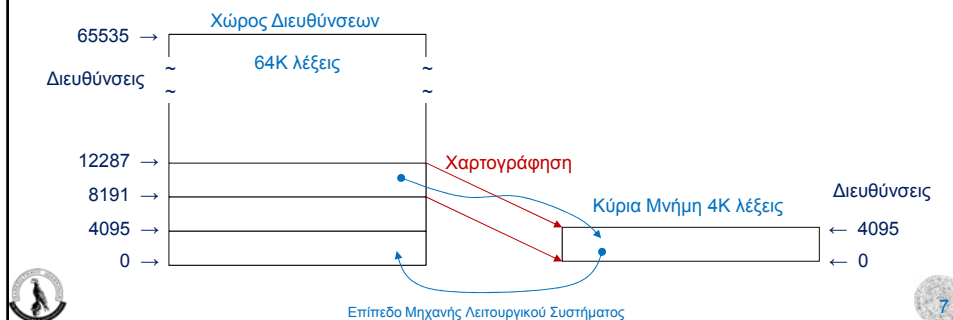
Σελιδοποίηση Μνήμης 1/2

- Μια μηχανή με διευθύνσεις των 16bit (64K λέξεις) και κύρια μνήμη μόνο 4K λέξεων, χωρίς εικονική μνήμη, έχει μια σταθερή αντιστοιχία μεταξύ των διευθύνσεων από 0 έως 4095 και των 4096 λέξεων μνήμης. Μια αναφορά σε θέση μνήμης έξω από τη συγκεκριμένη περιοχή θα προκαλέσει μια παγίδα σφάλματος που θα τερματίσει το πρόγραμμα.
- Με τη χαρτογράφηση ο *χώρος των διευθύνσεων* (*address space*) χωρίζεται σε τμήματα ίσου μεγέθους με την κύρια μνήμη ώστε να μπορούν να αντιστοιχηθούν σε αυτήν.



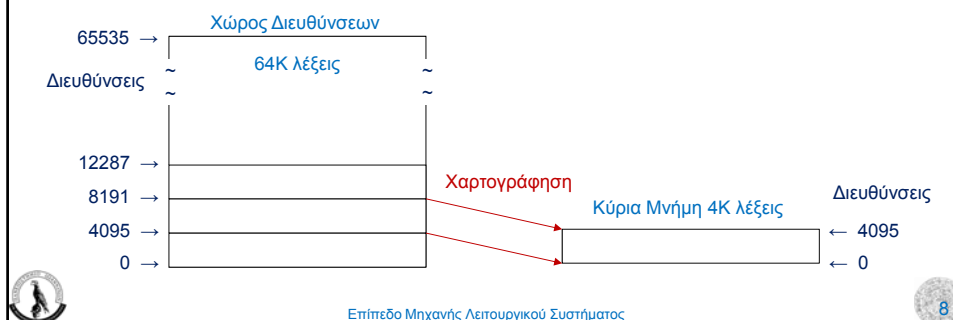
Σελιδοποίηση Μνήμης 2/2

- Σε μια μηχανή των 4K λέξεων, με εικονική μνήμη, μια κλήση (διακλάδωση) σε διευθύνσεις μεταξύ 8192 και 12287 θα προκαλέσει:
 - Αποθήκευση του περιεχομένου της κύριας μνήμης στο δίσκο
 - Εντοπισμό στο δίσκο των λέξεων από 8192 έως 12287.
 - Φόρτωση των ανωτέρω λέξεων στην κύρια μνήμη
 - Χαρτογράφηση των διευθύνσεων από 8192 έως 12287 στις θέσεις μνήμης από 0 έως 4095.
 - Συνέχιση της εκτέλεσης του προγράμματος.
- Η τεχνική ονομάζεται σελιδοποίηση (*paging*) και τα τμήματα που διαβάζονται από το δίσκο σελίδες (*pages*).



Εικονικός & Φυσικός Χώρος Δ/νσεων

- Οι διευθύνσεις στις οποίες μπορεί να αναφέρεται το πρόγραμμα ονομάζονται εικονικός χώρος διευθύνσεων (*virtual address space*) ενώ οι πραγματικές διευθύνσεις μνήμης ονομάζονται φυσικός χώρος διευθύνσεων (*physical address space*).
- Υπάρχει ένας χάρτης μνήμης (*memory map*) ή πίνακας σελίδων (*page table*) που συσχετίζει τις εικονικές με τις φυσικές διευθύνσεις.
- Η σελιδοποίηση είναι διαφανής (*transparent*) καθώς ο προγραμματιστής μπορεί να προγραμματίζει σαν να μην υπήρχε σελιδοποίηση, έχοντας την “ψευδαίσθηση” μια μεγάλης, συνεχούς, γραμμικής κύριας μνήμης.



Υλοποίηση της Σελιδοποίησης

- Ο εικονικός χώρος διευθύνσεων χωρίζεται σε σελίδες ίσου μεγέθους.
- Ο φυσικός χώρος δ/σεων χωρίζεται με παρόμοιο τρόπο σε κομμάτια με μέγεθος μιας σελίδας (πλαίσια σελίδων – *page frames*).

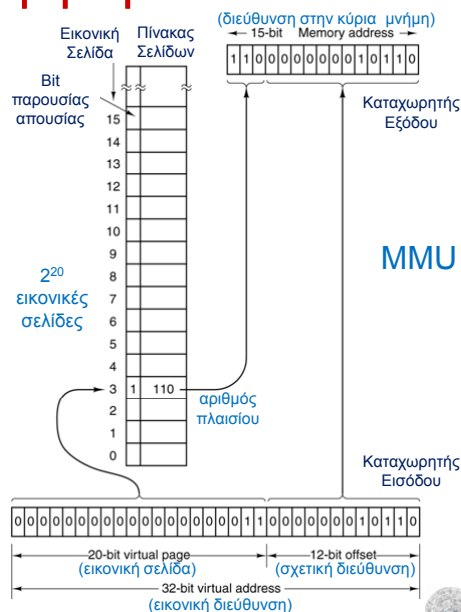
Σελίδα	Εικονικές δ/σεις	Φυσικές δ/σεις
Τα πρώτα 64K		
15	61440 – 65535	
14	57344 – 61439	
13	53248 – 57343	
12	49152 – 53247	
11	45056 – 49151	
10	40960 – 45055	
9	36864 – 40959	
8	32768 – 36863	
7	28672 – 32767	
6	24576 – 28671	
5	20480 – 24575	
4	16384 – 20479	
3	12288 – 16383	
2	8192 – 12287	
1	4096 – 8191	
0	0 – 4095	
Τα πρώτα 32K της κύριας μνήμης		
7	28672 – 32767	
6	24576 – 28671	
5	20480 – 24575	
4	16384 – 20479	
3	12288 – 16383	
2	8192 – 12287	
1	4096 – 8191	
0	0 – 4095	

Επίπεδο Μηχανής Λειτουργικού Συστήματος

9

Χαρτογράφηση 1/2

- Υπαρξη κατάλληλης μονάδας διαχείρισης μνήμης (*memory management unit – MMU*) για τη χαρτογράφηση. Χρήση πίνακα σελίδων.
- Έστω μηχανή με εικονικές δ/σεις των 32 bit (εικονικός χώρος δ/σεων ίσος με 4G) και 2^{20} εικονικές σελίδες των 4K.
- Η κύρια μνήμη έχει φυσικές δ/σεις των 15 bit (χώρος 32K) και χωρίζεται σε 8 πλαίσια σελίδων των 4K.
- Στον πίνακα σελίδων υπάρχει 1 bit παρουσίας/απουσίας ώστε να γνωρίζουμε αν η εικονική σελίδα είναι στην κύρια μνήμη.
- Η αναφορά σε δ/ση από σελίδα που δεν βρίσκεται στην κύρια μνήμη καλείται *σφάλμα σελίδας (page fault)*.

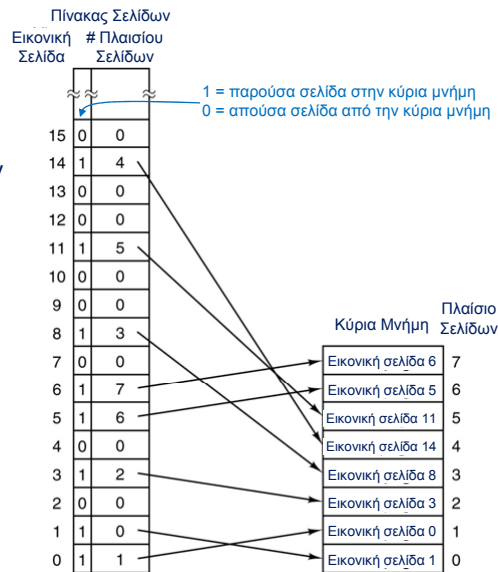


Επίπεδο Μηχανής Λειτουργικού Συστήματος

10

Χαρτογράφηση 2/2

- Παράδειγμα χαρτογράφησης των πρώτων 16 εικονικών σελίδων.



Επίπεδο Μηχανής Λειτουργικού Συστήματος

11

Πολιτική Μεταφοράς Σελίδων

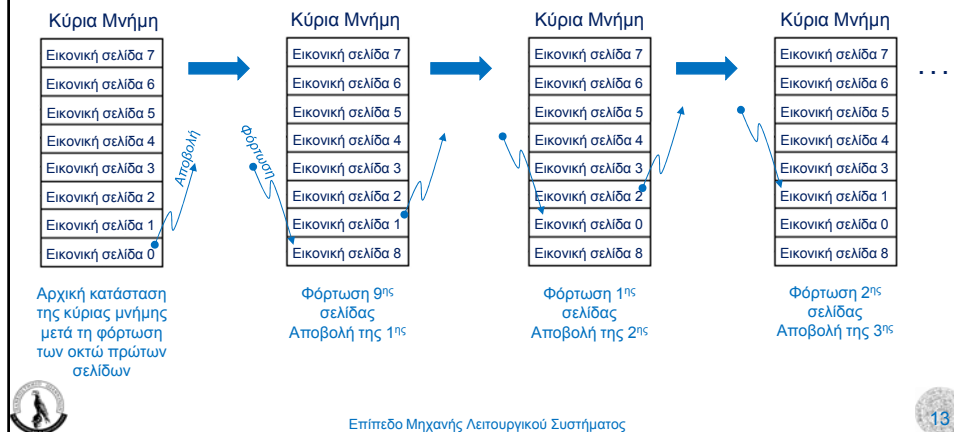
- Η διαχείριση της εικονικής μνήμης μπορεί να πραγματοποιηθεί με:
 - Σελιδοποίηση κατά παραγγελία (demand paging) όπου οι φόρτωση των σελίδων γίνεται κάθε φορά που απαιτείται.
 - Σελιδοποίηση με πρόβλεψη, όπου το σύνολο των σελίδων στην κύρια μνήμη (**σύνολο εργασίας – working set**) περιέχει τις σελίδες από τις k πιο πρόσφατες αναφορές μνήμης.
- Αν το σύνολο εργασίας είναι μεγαλύτερο από τα διαθέσιμα πλαίσια σελίδων, τότε $\exists$ συχνά σφάλματα σελίδων (**παλινωδία – thrashing**). Για να προσκομιστεί μια νέα σελίδα πρέπει κάποια σελίδα να αντικατασταθεί. Η αντικατάσταση σελίδων γίνεται με τεχνικές όπως:
 - Αποβολή της σελίδας με τη λιγότερο πρόσφατη χρήση (least recently used – LRU)
 - Αποβολή της παλαιότερης σελίδας (αλγόριθμος πρώτο-μέσα-πρώτο-έξω, first-in-first-out – FIFO)
- Μια σελίδα που πρόκειται να αποβληθεί και έχει τροποποιηθεί (η σελίδα είναι **ακάθαρτη – dirty**) πρέπει να επανεγγραφεί στο δίσκο. Αν η σελίδα είναι **καθαρή (clean)** απλά αποβάλλεται. Χρήση 1 bit «καθαρότητας» για κάθε σελίδα.

Επίπεδο Μηχανής Λειτουργικού Συστήματος

12

Αποτυχία της Τεχνικής LRU

- Έστω πρόγραμμα στο οποίο έχει παραχωρηθεί κύρια μνήμη 8 πλαισίων σελίδων και το οποίο εκτελεί ένα μεγάλο βρόχο που εκτείνεται σε 9 σελίδες.
- Η διαδοχική κατάσταση της κύριας μνήμης, με τη φόρτωση/αποβολή σελίδων σε αυτή παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα:



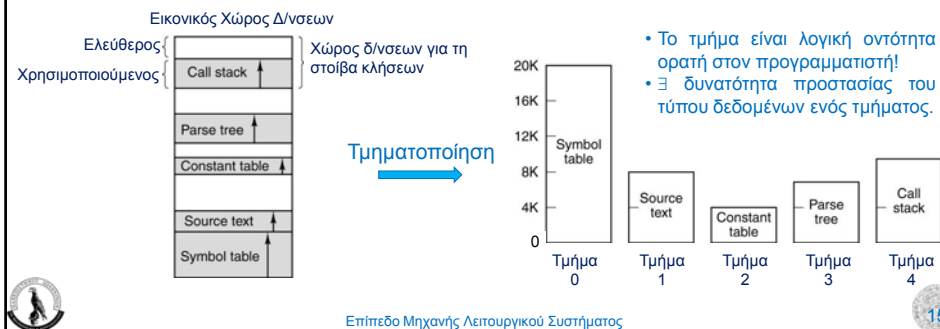
Κατάτμηση Μνήμης

- Ένα πρόγραμμα και τα σχετικά δεδομένα συνήθως δεν γεμίζουν ακριβώς έναν ακέραιο αριθμό σελίδων. Συνεπώς υπάρχει αχρησιμοποίητος χώρος στην τελευταία σελίδα. Το πρόβλημα αυτό ονομάζεται *εσωτερική κατάτμηση (internal fragmentation)* μνήμης καθώς ο χαμένος χώρος είναι στο εσωτερικό μιας σελίδας.
- Αν το μέγεθος της σελίδας είναι (n) bytes, τότε το μέσο μέγεθος χαμένου χώρου είναι $n/2$ bytes. Συνεπώς, με μικρό μέγεθος σελίδας:
 - ελαχιστοποιούνται οι απώλειες και
 - παρουσιάζεται μικρότερη παλινωδία αλλά
 - $\exists$ πολλές σελίδες $\Rightarrow$ μεγάλος πίνακας σελίδων, μεγάλος αριθμός καταχωρητών για την αποθήκευσή του και μεγάλος χρόνος μεταφοράς του περιεχομένου των καταχωρητών από/προς τη μνήμη όταν ένα πρόγραμμα ξεκινά/σταματά και
 - δεν χρησιμοποιείται αποδοτικά το εύρος ζώνης του δίσκου καθώς οι μικρές μεταφορές είναι λιγότερο αποδοτικές από τις μεγάλες.



Τμηματοποίηση

- Σε ένα μονοδιάστατο εικονικό χώρο δ/σεων (όπως στην περίπτωση της σελιδοποίησης), όπου ενδεχόμενα υπάρχουν αυξανόμενοι πίνακες, μπορεί ένας πίνακας να συγκρουστεί με κάποιον άλλο.
- Λύση: να εφοδιαστεί η μηχανή με πολλούς εντελώς ανεξάρτητους χώρους δ/σεων που καλούνται *τμήματα* (*segments*).
 - το κάθε τμήμα αποτελείται από μια γραμμική ακολουθία δ/σεων
 - τα τμήματα έχουν διαφορετικό μέγεθος (μήκος)
 - ένα τμήμα αυξάνεται ή μειώνεται ανάλογα με τις ανάγκες.



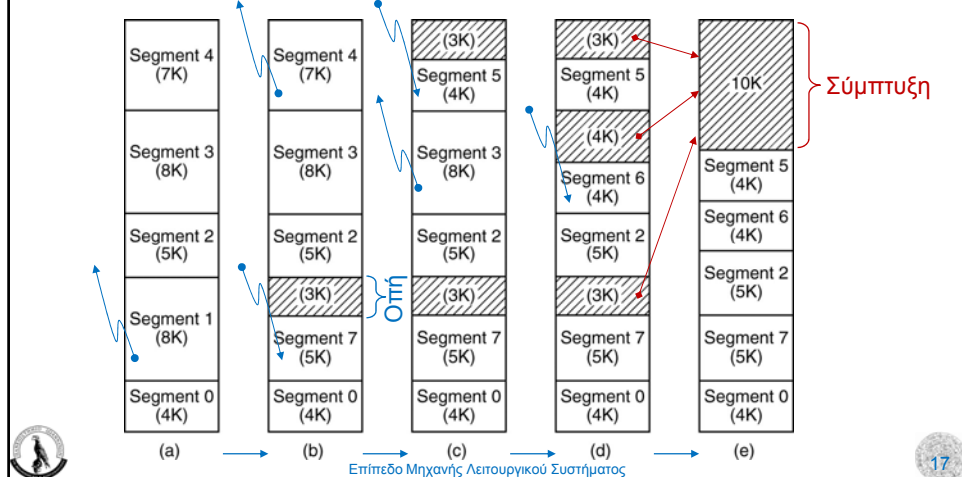
Τμηματοποίηση – Σελιδοποίηση

Ερώτημα	Σελιδοποίηση	Τμηματοποίηση
Χρειάζεται να είναι ενήμερος ο χρήστης;	Όχι	Ναι
Πόσοι γραμμικοί χώροι δ/σεων υπάρχουν;	1	Πολλοί
Μπορεί ο εικονικός χώρος δ/σεων > μνήμης;	Ναι	Ναι
Ευκολία χειρισμού μεταβλητών πινάκων;	Όχι	Ναι
Γιατί επινοήθηκε η σχετική τεχνική;	Προσομοίωση μεγάλης μνήμης	Πολλαπλοί χώροι διευθύνσεων



Υλοποίηση της Τμηματοποίησης I

- Υλοποίηση της τμηματοποίησης με *εναλλαγή (swapping)*, όπου ολόκληρα τμήματα εναλλάσσονται μεταξύ μνήμης και δίσκου.
- Εμφάνιση αχρησιμοποίητων περιοχών στη μνήμη (οπών), φαινόμενο που ονομάζεται *εξωτερική κατάτμηση (external fragmentation)*.



Σύμπτυξη

- Ένας τρόπος για την αποφυγή της εξωτερικής κατάτμησης είναι η *σύμπτυξη (compaction)*, δηλ. η μετακίνηση τμημάτων ώστε να κλείσουν οι μικρές οπές και να παραμείνει μια μεγάλη χρήσιμη "οπή":
 - ύστερα από κάθε εμφάνιση οπής,
 - περιοδικά, αφού η εξωτερική κατάτμηση γίνει σοβαρή (π.χ. με μέτρο το ποσοστό της μνήμης που χάνεται στις οπές).
- Η σύμπτυξη απαιτεί χρόνο που στην (α) περίπτωση είναι υπερβολικά μεγάλος!
- Εναλλακτικά της σύμπτυξης μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατάλληλος αλγόριθμος που θα προσδιορίζει ποιά οπή θα χρησιμοποιηθεί για ένα μεταφερόμενο τμήμα. Χρήση λίστας δ/νσεων και μεγέθους οπών.
 - Αλγόριθμος βέλτιστης προσαρμογής (*best fit*), επιλέγει τη μικρότερη οπή όπου χωράει το τμήμα (χρονοβόρος).
 - Αλγόριθμος πρώτης προσαρμογής (*first fit*), επιλέγει την πρώτη οπή όπου χωράει το τμήμα (γρήγορος).
- Ο αλγόριθμος πρώτης προσαρμογής είναι γενικά καλύτερος εκείνου της βέλτιστης προσαρμογής καθώς ο δεύτερος έχει την τάση να παράγει πάρα πολλές μικρές και άχρηστες οπές!



Υλοποίηση της Τμηματοποίησης II

- Υλοποίηση της τμηματοποίησης με *σελιδοποίηση (paging)*, όπου τα τμήματα διαιρούνται σε σελίδες σταθερού μεγέθους και οι σελίδες εναλλάσσονται στη μνήμη.
- Με το μηχανισμό αυτό μερικές από τις σελίδες ενός τμήματος μπορεί να βρίσκονται στη μνήμη και μερικές στο δίσκο.
- Για τη σελιδοποίηση ενός τμήματος απαιτείται ένας ξεχωριστός πίνακας σελίδων για κάθε τμήμα.
- Προφανώς, με τη χρήση σελιδοποίησης εμφανίζεται πάλι το πρόβλημα της εσωτερικής κατάτμησης.



Εικονική Μνήμη – Κρυφή Μνήμη

Οι δύο μηχανισμοί λειτουργούν σε διαφορετικά επίπεδα της ιεραρχίας!
Ομοιότητες

- Εικονική μνήμη:
 - Ολόκληρο το πρόγραμμα διατηρείται στο δίσκο και υποδιαιρείται σε σελίδες σταθερού μεγέθους.
 - Κάποιο υποσύνολο των σελίδων βρίσκεται στην κύρια μνήμη.
 - Αν το πρόγραμμα χρησιμοποιεί κυρίως τις σελίδες που υπάρχουν στη μνήμη, τότε τα σφάλματα σελίδων θα είναι λίγα και το πρόγραμμα θα εκτελείται γρήγορα.
- Κρυφή μνήμη:
 - Ολόκληρο το πρόγραμμα διατηρείται στην κύρια μνήμη και υποδιαιρείται σε γραμμές κρυφής μνήμης σταθερού μεγέθους.
 - Κάποιο υποσύνολο των γραμμών βρίσκεται στην κρυφή μνήμη.
 - Αν το πρόγραμμα χρησιμοποιεί κυρίως τις γραμμές που υπάρχουν στην κρυφή μνήμη, τότε οι αποτυχίες κρυφής μνήμης θα είναι λίγες και το πρόγραμμα θα εκτελείται γρήγορα.



Εικονική Μνήμη – Κρυφή Μνήμη

Διαφορές

- Οι αποτυχίες κρυφής μνήμης αντιμετωπίζονται από το υλικό, ενώ τα σφάλματα σελίδων στην περίπτωση της εικονικής μνήμης αντιμετωπίζονται από το λειτουργικό σύστημα.
- Οι γραμμές κρυφής μνήμης είναι κατά πολύ μικρότερες από τις σελίδες.

