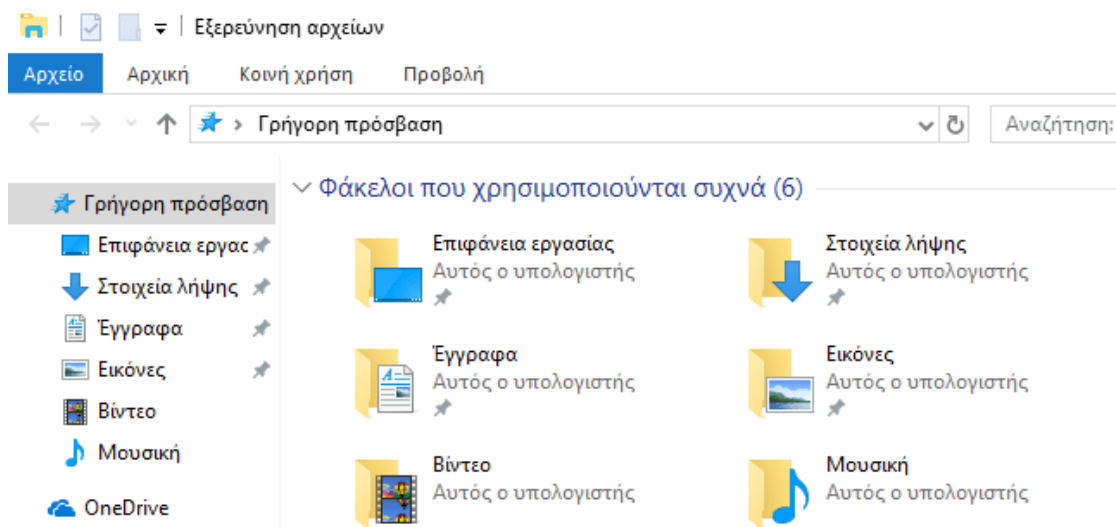


HDD –SSD

Η λογική πίσω από τα ψηφιακά δεδομένα

Αν εξαιρεθεί η διαφορά στην ταχύτητα, για έναν απλό χρήστη του υπολογιστή οι δύο τύποι δίσκων φαίνεται να λειτουργούν ακριβώς με τον ίδιο τρόπο. Σε επίπεδο φακέλων και αρχείων, δεν υπάρχει καμία ορατή διαφορά ανάμεσα σε δίσκο HDD και δίσκο SSD.



Όμως, η τεχνολογία πίσω από την εγγραφή, την ανάγνωση, και τη συνολική αποθήκευση δεδομένων ανάμεσα σε ένα δίσκο SSD και έναν συμβατικό HDD, είναι εντελώς διαφορετική.

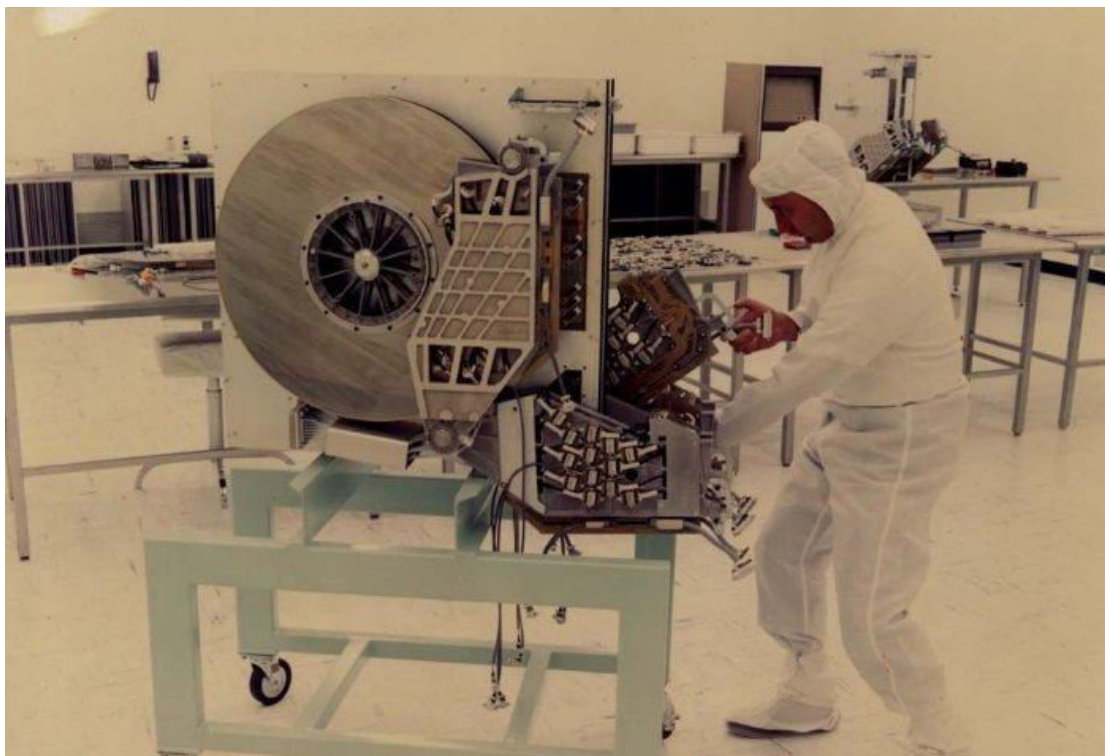
Σε οποιονδήποτε υπολογιστή, τα δεδομένα αναγνωρίζονται σε μορφή bit, ή αλλιώς σαν δυαδικά ψηφία. Κάθε bit μπορεί να πάρει μόνο μία από δύο τιμές, είτε 0 είτε 1.

Ουσιαστικά, το bit εκφράζει αν από ένα κύκλωμα περνάει ρεύμα (1) ή δεν περνάει ρεύμα (0). Από αυτή την πολύ βασική λογική, είναι δυνατά

σήμερα όλα όσα γίνονται στο ίντερνετ, τους υπολογιστές, και όλες τις "έξυπνες" συσκευές.

Η ιστορία του δίσκου HDD

Οι HDD πρωτοεμφανίστηκαν το 1956 από την IBM, ως κομμάτι υπολογιστικού συστήματος μεγάλων διαστάσεων. Στις αρχές του '80 είχαν ήδη κυριαρχήσει στα αποθηκευτικά μέσα.



Μέχρι σήμερα, περισσότερες από 200 διαφορετικές εταιρείες έχουν βγάλει στην αγορά δίσκους HDD δικής τους παραγωγής. Επικρατέστερες αποτέλεσαν οι Seagate, Toshiba, και Western Digital.

Το μέγεθος της τεχνολογικής εξέλιξης αυτών των δίσκων φαίνεται ενδεικτικά από τα παρακάτω νούμερα:

- **Πρώτος HDD (1956):** 3,75 megabyte χωρητικότητα, 1,9 κυβικά μέτρα όγκος, 910 κιλά βάρος

- **Νεότερος HDD (2018):** 14 terabyte χωρητικότητα, 34 κυβικά εκατοστά όγκος, 62 γραμμάρια βάρος

Όσον αφορά στο κόστος:

- **HDD του 1961:** \$9.200 το megabyte
- **HDD του 2018:** \$0,032 τα 1000 megabyte (=1 gigabyte)

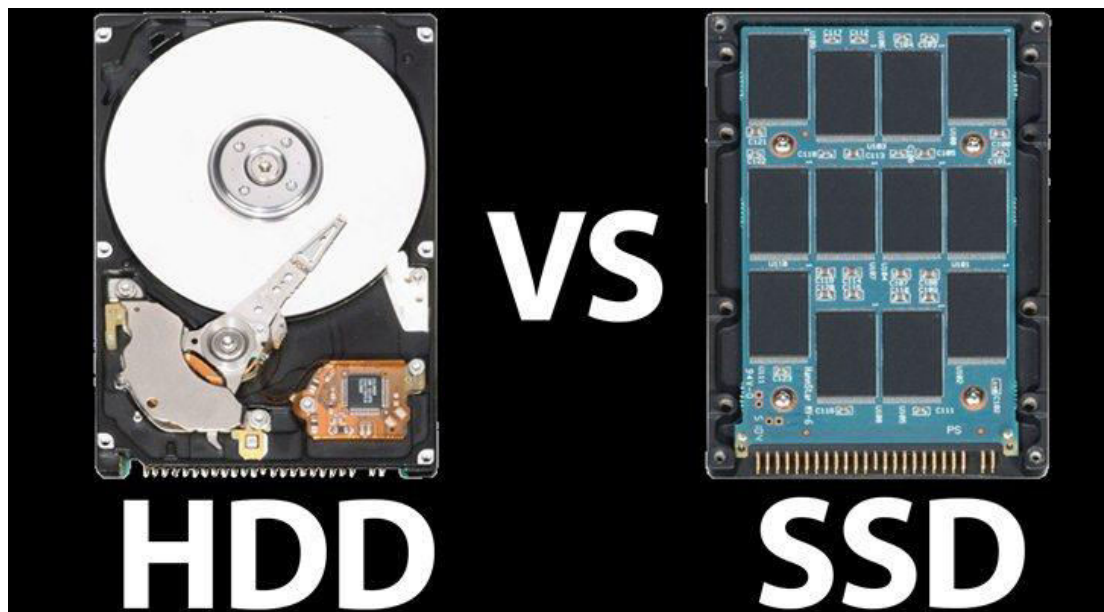
Η ιστορία του δίσκου SSD

Το 1991, η εταιρεία SanDisk κυκλοφόρησε τον πρώτο SSD στα 20 megabyte, κόστους \$1.000. Το αρκετά αυξημένο κόστος ανά gigabyte για αυτή την τεχνολογία αποτέλεσε τον παράγοντα που εμπόδισε τα πρώτα χρόνια να γίνει ο δίσκος SSD προϊόν ευρείας κατανάλωσης. Σήμερα, ο δίσκος SSD είναι διαθέσιμος μέχρι και σε χωρητικότητες άνω του 1TB, ενώ το κόστος με κάθε γενιά όλο και μειώνεται. Είναι εμφανές ότι αποτελεί μια εξελισσόμενη τεχνολογία που αντικαθιστά με ταχείς ρυθμούς τους δίσκους HDD, τουλάχιστον σαν βασικός δίσκος.

Τι σημαίνουν τα αρχικά SSD και HDD

Το SSD προκύπτει από τη φράση "Solid-State Drive" ("Δίσκος Στερεάς Κατάστασης"), ενώ το HDD από τη φράση "Hard Disk Drive" ("Σκληρός Δίσκος").

Η σταθερή κατάσταση για τον δίσκο SSD αναφέρεται στο ότι δεν διαθέτει κινούμενα μέρη, περιστρεφόμενους δίσκους και κεφαλές.



Αρχικά, το ότι ο δίσκος SSD δεν διαθέτει κινούμενα μέρη, του δίνει σημαντική αντοχή σε πτώσεις και δύσκολες συνθήκες. Στους HDD, ακόμα και μια σχετικά μικρή πτώση είναι ικανή να καταστήσει τον δίσκο άχρηστο, και να χαθούν οριστικά τα δεδομένα του χρήστη.

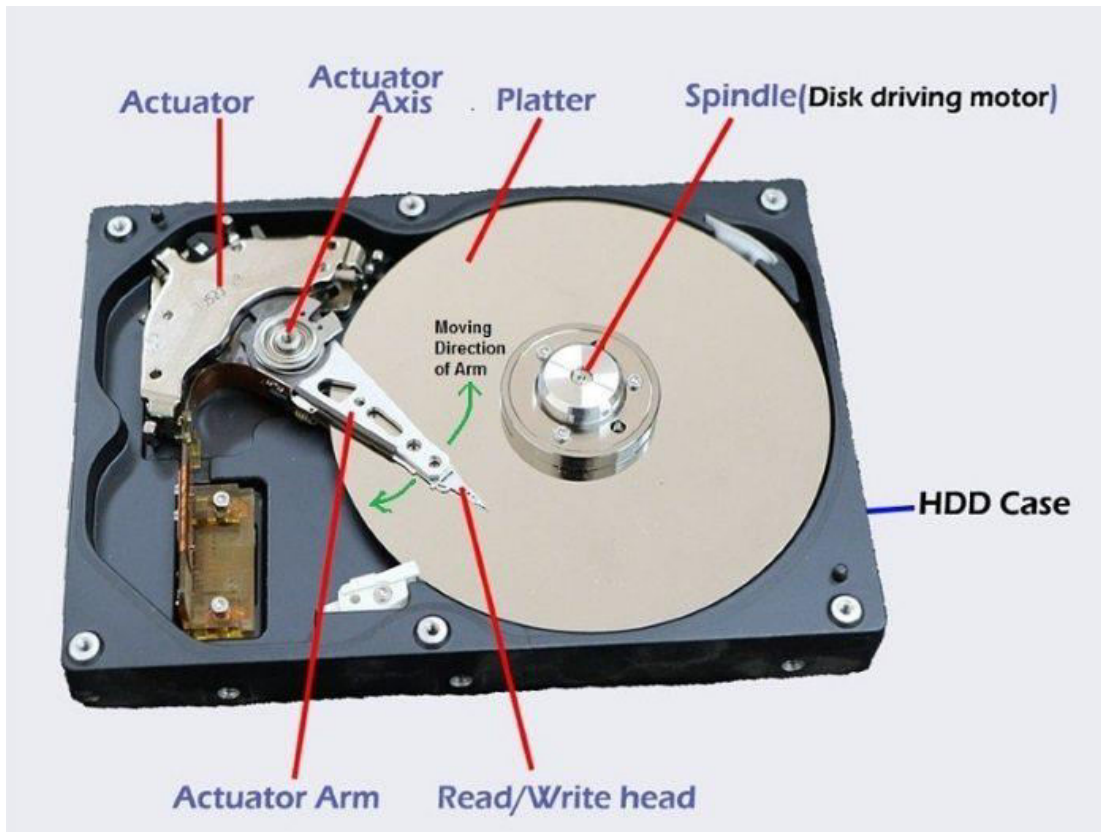
Έπειτα, η απουσία μηχανικών μερών στον SSD τον καθιστά εξαιρετικά ταχύτερο, αφού επιτυγχάνει γρηγορότερη εγγραφή και ανάγνωση δεδομένων. Επιπλέον, ο SSD είναι εντελώς αθόρυβος και αρκετά πιο οικονομικός όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας.

Τέλος, ο δίσκος SSD δεν έχει προβλήματα μηχανικής φθοράς όπως έχουν οι HDD λόγω τριβών στα κινητά μέρη τους. Αυτό, βέβαια, δεν σημαίνει πως ένας SSD θα κρατήσει για πάντα, καθώς υπάρχουν άλλου είδους φθορές κατά τη λειτουργία του.

Το εσωτερικό του δίσκου HDD

Μέσα στον HDD μπορούμε να διακρίνονται 5 βασικά μηχανικά μέρη. Αυτά είναι ο μεταλλικός δίσκος (platter), η κεφαλή εγγραφής και

ανάγνωσης (head read/write), ο βραχίονας κεφαλής (head arm ή actuator arm) και ο ενεργοποιητής (actuator).



Πώς λειτουργεί ο δίσκος HDD

Η λειτουργία του HDD απαιτεί τη συνεργασία της κεφαλής εγγραφής-ανάγνωσης και του δίσκου. Ο ενεργοποιητής κινεί τον βραχίονα, τοποθετώντας την κεφαλή στο επιθυμητό σημείο του δίσκου, ενώ ο αυτός περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα γύρω από έναν άξονα.

Κάθε δίσκος είναι επικαλυμμένος με ένα μεταλλικό υλικό ευαίσθητο στον μαγνητισμό, στο οποίο αποθηκεύονται τα bit. Η μετάφραση των bit σε 0 και 1 αντιστοιχεί στην μαγνητική κατάσταση του υλικού.

Συγκεκριμένα, κάθε φορτισμένο σημείο της επιφάνειας του δίσκου μπορεί να πάρει μια από δυο διαφορετικές καταστάσεις διεύθυνσης.

Για την εγγραφή δεδομένων, η κεφαλή, μετακινούμενη από τον βραχίονα, φτάνει στο μέρος του δίσκου όπου θέλουμε να αποθηκεύσουμε. Μέσω ενός ηλεκτρομαγνήτη, παράγεται ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που επηρεάζει κατάλληλα τα σημεία του δίσκου.

Με αυτόν τον τρόπο, η κεφαλή γράφει τα bit διαμορφώνοντας με τον επιθυμητό τρόπο το μαγνητικό πεδίο στην επιφάνεια του δίσκου. Ομοίως, όταν θέλει να διαβάσει δεδομένα, η κεφαλή αναγνωρίζει τη μαγνητική κατάσταση στο σημείο του δίσκου που βρίσκεται.

Άρα, ο HDD χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητισμό για να επιτύχει την αποθήκευση και ανάκληση αρχείων στον υπολογιστή. Αυτός είναι και ο λόγος που οι HDD είναι ευαίσθητοι σε παρουσία μαγνήτη, που μπορεί να διαγράψει οριστικά τα δεδομένα.

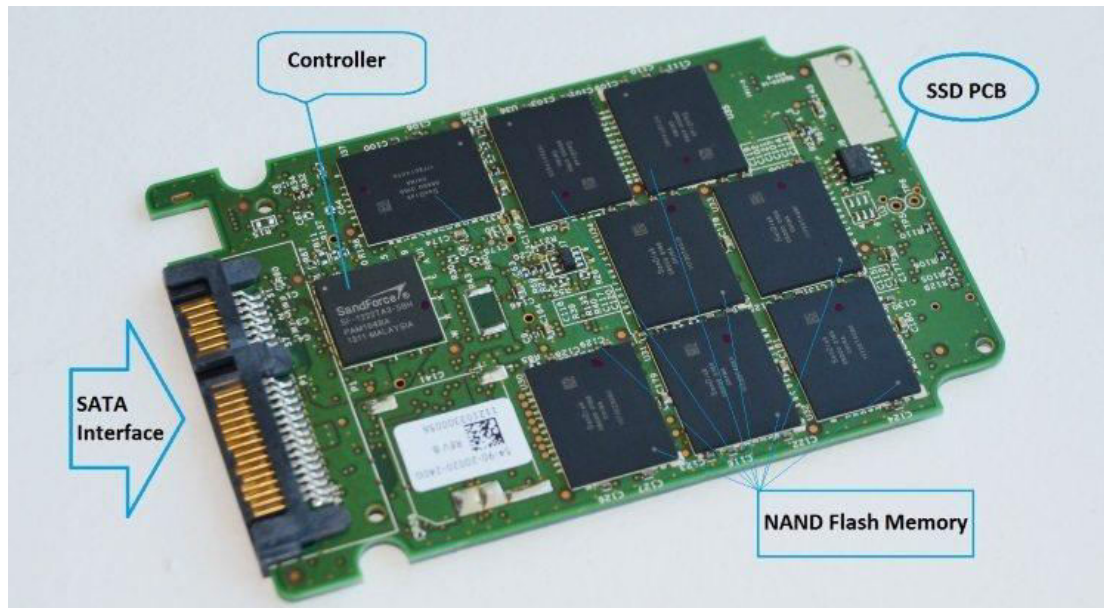
Η αναγκαιότητα της κίνησης και τοποθέτησης της κεφαλής στον δίσκο είναι το χαρακτηριστικό που καθιστά τον HDD αργό, αλλά και επιρρεπή σε ζημιές.

Μάλιστα, για αρχεία που αποθηκεύονται σε πολλά διαφορετικά σημεία, απαιτείται μεγαλύτερος χρόνος ανάγνωσης. Αυτό συμβαίνει γιατί η κεφαλή αναγκάζεται να κάνει περισσότερες από μια κινήσεις πάνω στον δίσκο. Εδώ ωφελεί η ανασυγκρότηση δίσκου.

Το εσωτερικό του δίσκου SSD

Ο δίσκος SSD αποτελείται από έναν αριθμό μικροσίπ. Αυτό είναι το δυνατό του σημείο, καθώς τα μικροσίπ του επιτρέπουν να έχει μικρό μέγεθος, σε αντίθεση με τον HDD που διαθέτει ογκώδεις δίσκους. Τα βασικά μέρη που βλέπουμε στο εσωτερικό του SSD είναι τρία: Η επαφή υποδοχής (host interface), ένας αριθμός από μνήμες τύπου NAND, και ο

διαχειριστής NAND (NAND controller). Όλα είναι τοποθετημένα σε μια πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος.



Πώς λειτουργεί ο δίσκος SSD

Στο δίσκο SSD, οι μνήμες NAND αποθηκεύουν δεδομένα σε ξεχωριστά κελιά μνήμης. Κάθε κελί αποτελείται από ένα τρανζίστορ της κατηγορίας Floating Gate Metal-Oxide Surface Field Effect, το οποίο αποθηκεύει ηλεκτρόνια. Η βασική έννοια είναι το "Floating Gate" η οποία και θα αναλυθεί. Τα ηλεκτρόνια "προσπαθούν" να περάσουν μέσα στη Floating Gate. Αν τα ηλεκτρόνια περάσουν, ορίζουμε την ένδειξη 0, και αν δεν περάσουν, ορίζουμε 1. Με λίγα και απλά λόγια, όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται σε μορφή ηλεκτρονίων μέσα σε έναν αριθμό από μνήμες. Οι μνήμες συνδέονται στην πλακέτα κυκλώματος, μια πλακέτα που συνδέει ηλεκτρονικά στοιχεία και συναντάται παντού στην ηλεκτρονική. Έτσι, ο δίσκος SSD μπορεί να έχει πολύ πιο άμεση πρόσβαση στα αρχεία.

Πώς ο SSD κρατάει τα δεδομένα χωρίς ρεύμα

Ο δίσκος SSD έχει κάποιες ομοιότητες με το πώς λειτουργεί η μνήμη RAM, καθώς χρησιμοποιείται κάποιος τύπος μνήμης για την αποθήκευση και την ανάγνωση των δεδομένων. Μία πολύ σημαντική διαφορά, όμως, είναι το ότι η RAM, όταν τερματιστεί η λειτουργία του υπολογιστή, χάνει οριστικά όλο το περιεχόμενό της. Κάτι που προφανώς δεν συμβαίνει στο δίσκο SSD, αλλιώς δεν θα είχε διαφορά από έναν RAM disk. Το κλειδί για το γιατί συμβαίνει αυτό είναι η φύση της Floating gate, μιας δομής που δεν συναντάται καθόλου στις μνήμες RAM. Χρειάζεται να αλλάξει κατάσταση η πύλη, ώστε να αφήσει τα ηλεκτρόνια να περάσουν από και προς τη μνήμη NAND. Εφόσον δεν γίνει αυτό από τον ελεγκτή δίσκου, κάθε μνήμη NAND διατηρεί την κατάστασή της, και κατ' επέκταση τα δεδομένα.

Η φθορά των SSD

Αυτός ο τρόπος λειτουργίας είναι ο λόγος που ο δίσκος SSD είναι τόσο πιο γρήγορος. Ταυτόχρονα, όμως, είναι και η αιτία που η διάρκεια ζωής κάθε SSD περιλαμβάνει συγκεκριμένο αριθμό από εγγραφές και αναγνώσεις.

Η συνεχής μεταφορά ηλεκτρονίων καταστρέφει σταδιακά τον ημιαγωγό. Έτσι, μετά από κάποια χρόνια ο δίσκος SSD θα έχει λιγότερο αποθηκευτικό χώρο από όταν έγινε η αγορά του. Μακροπρόθεσμα, θα σβήσει τελείως, αν δεν αλλάξει κάτι ριζικά στην τεχνολογία.

Βέβαια, το ότι αυτή η φυσιολογική φθορά παίρνει χρόνια σε καμία περίπτωση δεν αποκλείει ένας SSD να πάθει κάποια βλάβη στον 1ο ή το 2ο χρόνο λειτουργίας του, και να μην ξανανάψει ποτέ.

Γι' αυτό, ανεξαρτήτως της τεχνολογίας δίσκου, πάντοτε ο χρήστης δημιουργεί ένα αναλυτικό backup στα δεδομένα του.

Τι είναι το TRIM

Στον δίσκο HDD, όταν πραγματοποιείται οριστική διαγραφή ενός αρχείου από τον υπολογιστή - δηλαδή και από τον κάδο ανακύκλωσης - δεν διαγράφεται σε φυσικό επίπεδο από το δίσκο. Απλά μαρκάρεται σαν "διαγραμμένο", και μπορούν να γραφτούν άλλα δεδομένα από πάνω.

Αυτός είναι ο λόγος που στο δίσκο HDD είναι δυνατή η ανάκτηση δεδομένων, ειδικά αν πραγματοποιηθεί αμέσως μετά από μια λάθος διαγραφή.

Τα πρώτα μοντέλα SSD είχαν την ίδια λογική, να μαρκάρουν απλά τα δεδομένα πως έχουν διαγραφεί. Στην πράξη, όμως, με αυτό το σύστημα ο δίσκος SSD κατέληγε μετά από κάποιο διάστημα να έχει ορατή και απροσδόκητη πτώση στην απόδοση.

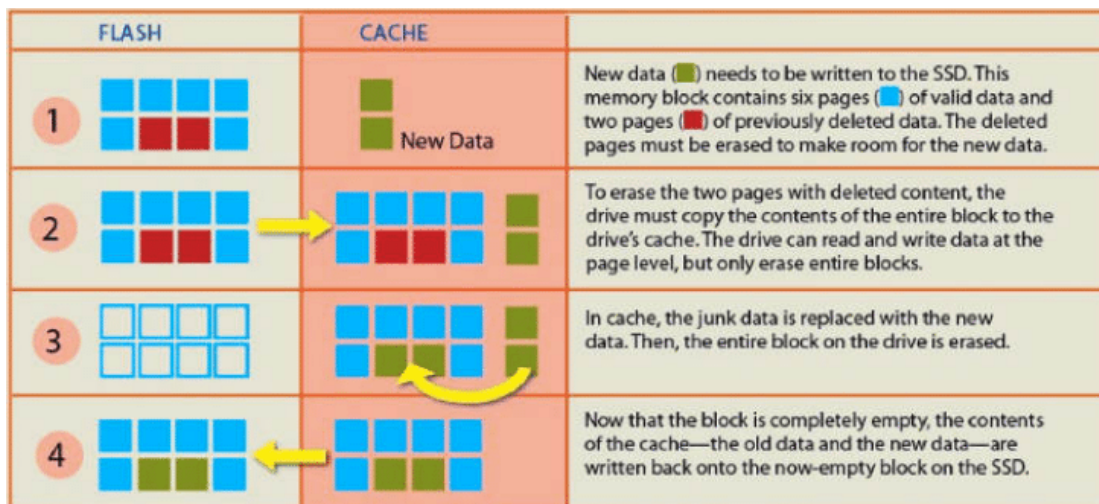
Ο λόγος ήταν ο εξής: Στον SSD, οι μνήμες NAND είναι ομαδοποιημένες σε "σελίδες" (pages) με χωρητικότητα συνήθως 4 έως 16 kB ανά σελίδα. Οι σελίδες αυτές είναι επίσης ομαδοποιημένες σε block που συνήθως περιέχουν 128 έως 512 σελίδες το καθένα.

Το πρόβλημα είναι πως για να γραφτούν δεδομένα στη μνήμη NAND, θα πρέπει να είναι άδεια. Αν περιείχε προηγούμενα δεδομένα που έχουν

μαρκαριστεί σαν διαγραμμένα, πρέπει πρώτα να διαγραφούν σε φυσικό επίπεδο, πριν γραφτούν τα καινούρια.

Ταυτόχρονα, ενώ η εγγραφή και η ανάγνωση δεδομένων μπορεί να γίνει σε μία μεμονωμένη σελίδα, λόγω περιορισμών του υλικού η διαγραφή δεδομένων μπορεί να γίνει μόνο σε ολόκληρο το block.

Άρα, θα πρέπει όλο το περιεχόμενο του block να μεταφερθεί στη μνήμη cache του δίσκου, να διαγραφούν εκεί τα δεδομένα που είναι μαρκαρισμένα σαν διαγραφή, να μπουν στη θέση τους τα νέα δεδομένα, και να ξαναγραφτεί το block στο δίσκο.



Αυτός είναι ο λόγος που πλέον κάθε SSD διαθέτει τη λειτουργία TRIM. Η λειτουργία αυτή, όταν γίνει οριστική διαγραφή ενός αρχείου από τον υπολογιστή, σύντομα αργότερα αναλαμβάνει να κάνει αυτή τη διαγραφή με πιο αποδοτικό τρόπο και χωρίς καθυστέρηση.

Το TRIM πρέπει εκτός από το firmware στον δίσκο SSD, να υποστηρίζεται και από το λειτουργικό σύστημα, προκειμένου να υπάρξει συνεννόηση για το τι έχει διαγραφεί από το χρήστη και χρειάζεται να διαγραφεί και από το δίσκο.

Πλέον, δεν νοείται SSD που να μην υποστηρίζει τη λειτουργία TRIM, και το ίδιο ισχύει και για όλα τα λειτουργικά συστήματα από τα Windows Vista και μετά. Ένας λόγος παραπάνω που δεν αξίζει πλέον να χρησιμοποιεί κανείς Windows XP.

Μετρήσεις

Τα παρακάτω νούμερα αφορούν τον μέσο όρο των SSD και HDD δίσκων της αγοράς αντίστοιχων προδιαγραφών:

1. Χρονική καθυστέρηση: 5,5-8,0 ms ο HDD και 0,1 ms ο SSD
2. Χρονική απόδοση i/o: 400 io/s ο HDD και 6.000 io/s ο SSD
3. Κατανάλωση ενέργειας: 6-15 watt ο HDD και 2-5 watt ο SSD
4. Χρόνος εκκίνησης λειτουργικού συστήματος: 30-40s ο HDD και 10-13s ο SSD
5. Θόρυβος: 32.8 dB ο HDD και 0 db ο SSD
6. Ταχύτητα εγγραφής: 50-120 MB/s ο HDD και 200-3500 MB/s ο SSD

Από τις παραπάνω μετρήσεις προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Χρονική καθυστέρηση: Δεν αντιλαμβανόμαστε καθυστέρηση στον SSD
- Χρονική απόδοση i/o: Ο SSD είναι 15 φορές πιο γρήγορος από τον HDD
- Κατανάλωση ενέργειας: Ο SSD είναι πιο οικονομικός σε θέμα ενέργειας
- Χρόνος εκκίνησης λειτουργικού συστήματος: Ο SSD είναι 3 φορές πιο γρήγορος
- Θόρυβος: Ο SSD είναι αθόρυβος
- Ταχύτητα εγγραφής: Ο SSD αποθηκεύει μία τάξη μεγέθους πιο γρήγορα από τον HDD

Κόστος αγοράς

Όσο χάσμα παρατηρείται στις μετρήσεις ανάμεσα στα 2 είδη δίσκων, άλλο τόσο υπάρχει και στις τιμές αγοράς τους.

Ένας εσωτερικός HDD δίσκος χωρητικότητας 1 terabyte ξεκινάει από τα 35-40€ περίπου. Την ίδια στιγμή, ένας εσωτερικός SSD δίσκος ίδιας χωρητικότητας ξεπερνάει τα 200€.