

ΒΕΣ 04 – Συμπίεση και Μετάδοση Πολυμέσων



Συμπίεση δεδομένων: Εισαγωγή, Κατηγορίες τεχνικών συμπίεσης, Ανάλυση βασικών τεχνικών συμπίεσης

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

* Εισαγωγή

- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Εισαγωγή



- ◇ Ένα σημαντικό ερώτημα είναι πάντοτε αν μπορεί η πληροφορία να κωδικοποιηθεί πιο αποδοτικά, δηλ. να βρεθεί ένας τρόπος να μεταδοθεί η ίδια πληροφορία αλλά με λιγότερα bit.
- ◇ Η διαδικασία που επανακωδικοποιεί την εκπεμπόμενη πληροφορία με στόχο να μεταδώσει το ίδιο περιεχόμενο αλλά με μικρότερη επιβάρυνση του καναλιού, δηλ. λιγότερα bits ανά σύμβολο, λέγεται **συμπίεση**.

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

* Εισαγωγή

- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Συμπίεση πληροφορίας πολυμέσων



- ◇ Η πληροφορία πολυμέσων (ψηφιακή εικόνα, ήχος, video, τρισδιάστατα γραφικά) έχει ένα **βασικό χαρακτηριστικό που το εκμεταλλετόμαστε για να δημιουργήσουμε αποδοτικούς τρόπους συμπίεσής της:**
 - ◇ η **πληροφορία πολυμέσων** προέρχεται από ψηφιοποίηση αναλογικών σημάτων του πραγματικού κόσμου και απευθύνεται σε ανθρώπους.
- ◇ Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να εκμεταλλευτούμε τα **φυσιολογικά χαρακτηριστικά και περιορισμούς των ανθρώπινων αισθητηρίων οργάνων** (μάτι, αυτί) και να συμπίεσουμε την πληροφορία χωρίς να μειώσουμε αισθητά την ποιότητά της (ψυχοφυσιολογική συμπίεση)

☑ Εισαγωγή

- * Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Γιατί χρειάζεται Συμπίεση;



- ◇ Η υψηλή συχνότητα δειγματοληψίας και το μεγάλο μέγεθος δείγματος δημιουργεί ένα ψηφιακό αρχείο αντίστοιχα μεγάλου μεγέθους για το οποίο πρέπει:
 - ◇ Να βρεθεί κατάλληλος αποθηκευτικός χώρος
 - ◇ Η πληροφορία του ψηφιακού αρχείου να μεταφέρεται αρκετά γρήγορα προς αναπαραγωγή στα αντίστοιχα υποσυστήματα (υποσύστημα ήχου, εικόνας, κλπ.)
 - ◇ Η πληροφορία να μεταφέρεται ικανοποιητικά γρήγορα στα δίκτυα υπολογιστών.

- Εισαγωγή
- ★ Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Γιατί χρειάζεται Συμπίεση; (II)



◇ Αποθήκευση:

- ◇ Πόση διάρκεια ασυμπίεστου ψηφιακού βίντεο μπορεί να αποθηκευτεί σε ένα CD-ROM;
- ◇ Τι χωρητικότητα μνήμης χρειαζόμαστε για να αποθηκεύσουμε:
 - ◇ Το ραδιοτηλεοπτικό αρχείο της ΕΡΤ;
 - ◇ Απεικονιστικές εξετάσεις ασθενών (π.χ. υπέρηχοι) που παράγονται κατά εκατοντάδες την ημέρα σε ένα νοσοκομείο;

◇ Μετάδοση:

- ◇ Μπορώ να παρακολουθήσω ένα τηλεοπτικό πρόγραμμα που μεταδίδεται Διαδικτυακά:
 - ◇ Αν έχω σύνδεση PSTN (modem 56kbs);
 - ◇ Αν έχω σύνδεση ISDN (2x64 kbps);
 - ◇ Αν έχω σύνδεση ADSL (256 kbps - 2 Mbps);
 - ◇ Αν βρίσκομαι στο Πανεπιστήμιο και έχω σύνδεση LAN (10 Mbps, 100Mbps);

- Εισαγωγή
- ★ Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Γιατί χρειάζεται Συμπίεση; (III)



◇ Κόστος:

- ◇ Πόσο θα πληρώσω αν έχω χρέωση με βάση τη διάρκεια σύνδεσης;
- ◇ Πόσο θα πληρώσω αν έχω χρέωση με τον όγκο της διακινούμενης πληροφορίας;

◇ Ικανοποίηση χρήσης εφαρμογών πολυμέσων:

- ◇ Πόσο πρέπει να περιμένει ο χρήστης για να ακούσει την απάντηση του συνομιλητή του σε περιβάλλον τηλεδιάσκεψης;
- ◇ Πόσο πρέπει να περιμένει ο χρήστης για να δει μια εικόνα στην ιστοσελίδα που έχει επισκεφθεί;
- ◇ Πόσο πρέπει να περιμένει ο χρήστης για να δει ένα βίντεο ή ένα animation στη ιστοσελίδα που έχει επισκεφθεί;

- Εισαγωγή
- ★ Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Μερικά παραδείγματα



◇ Κείμενο

- ◇ Μια σελίδα κειμένου περιέχει προσεγγιστικά 4800 χαρακτήρες =>
 - ◇ ~4,8 kbytes σε κωδικοποίηση ASCII
 - ◇ ~9,6 kbytes σε κωδικοποίηση Unicode

◇ Γραφικά

- ◇ Μια εικόνα γραφικών περιέχει προσεγγιστικά 500 γραμμές =>
 - ◇ Για κάθε γραμμή ορίζονται οι συντεταγμένες της αρχής (2 x 10 bits), οι συντεταγμένες του τέλους (2 x 10 bits) και 8 bits για τον χαρακτηρισμό των ιδιοτήτων της γραμμής
 - => 500 x 48 bits ~ 3 kbytes

◇ Εικόνες

- ◇ Μια εικόνα 640 x 480 pixels με 256 αποχρώσεις του γκρι =>
 - 640 x 480 x 1 byte ~ 307 kbytes
- ◇ Η ίδια εικόνα σε πραγματικό χρώμα (3 bytes per pixel) =>
 - 640 x 480 x 3 byte ~ 921 kbytes

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- ★ Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Μερικά παραδείγματα (II)



◇ Ήχος:

- ◇ Τηλεφωνική ποιότητα => ~ 8 kbyte / sec
- ◇ Ποιότητα CD => 1,411 Mbps => ~ 176 kbyte / sec

◇ Βίντεο

- ◇ Τηλεοπτική ποιότητα (π.χ. ανάλογο του PAL system) =>
 - ◇ 625 lines x 840 pixel /line x 3 bytes /pixel x 25 frames (εικόνες) /sec => 39 Mbyte / sec
- ◇ Τηλεόραση Υψηλής Ευκρίνειας (HDTV) =>
 - ◇ 5.33 x Τηλεοπτική ποιότητα => 208 Mbyte / sec

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- ★ Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Μερικά παραδείγματα (III)



- ◇ Τα CD-ROM έχουν μεγάλη χωρητικότητα.
ΜΥΘΟΣ.
 - ◇ Ένα τυπικό CD-ROM της αγοράς χωράει:
 - ◇ 74 λεπτά μουσικής, ποιότητας CD
 - ή
 - ◇ ... 20 δευτερόλεπτα ασυμπίεστου ψηφιακού βίντεο
- ◇ Αλλά η χωρητικότητα των σκληρών δίσκων έχει φτάσει πολύ υψηλά.
ΜΥΘΟΣ.
 - ◇ 120 GB δίσκος χωράει λιγότερο από 60 λεπτά ασυμπίεστου ψηφιακού βίντεο

- Εισαγωγή
- ★ Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Τι κάνουμε;



- ◇ Μέσα αποθήκευσης με μεγαλύτερη χωρητικότητα
- ◇ Δίκτυα μετάδοσης πληροφοριών με μεγαλύτερο bandwidth (ταχύτητα μετάδοσης)
- ◇ Ναι αλλά για ποιους;
- ◇ Μήπως συμπίεση;
 - ◇ Μείωση του αριθμού bits ΑΛΛΑ με συμβιβασμό (π.χ. διαθεσιμότητα, ποιότητα της πληροφορίας)

Ορισμοί Συμπίεσης



- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- ★ Ορισμοί Συμπίεσης**
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

◇ Συμπίεση:

- ◇ Μια συνάρτηση f εφαρμόζεται σε κάθε ενότητα δεδομένων d_i ώστε να παραχθούν δεδομένα $m_i \rightarrow f(d_i) = m_i$
- ◇ Στόχος:
 - ◇ Ο περιορισμός του μεγέθους που καταλαμβάνει μια ποσότητα πληροφορίας

◇ Αποσυμπίεση:

- ◇ Μια συνάρτηση f_r εφαρμόζεται στα δεδομένα m_i ώστε να παραχθούν τα δεδομένα $d_r \rightarrow f_r(m_i) = d_r$

◇ Trade-off:

- ◇ Ποσοστό Συμπίεσης vs. Παραποίηση Δεδομένων
 - ◇ Ένας αλγόριθμος συμπίεσης προκαλεί μια σειρά μετασχηματισμών στο αρχικό σήμα οι οποίοι μπορεί να είναι: (α) χωρίς απώλειες ή αντιστρεπτοί, (β) με απώλειες ή μη αντιστρεπτοί
 - ◇ Η μορφή συμπίεσης που επιλέγουμε εξαρτάται από το είδος της πληροφορίας

Ορισμοί Συμπίεσης (II)



- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- ★ Ορισμοί Συμπίεσης**
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

- ◇ **Αλγόριθμος συμπίεσης** είναι κάθε αλγόριθμος που έχει σαν στόχο την επίτευξη συμπίεσης των δεδομένων εισόδου.

- ◇ Δηλ. ο αλγόριθμος εφαρμόζει μια απλή και συγκεκριμένη μεθοδολογία επεξεργασίας των δεδομένων ώστε να προκύψει μια περισσότερο συμπευμένη μορφή τους.

- ◇ **Συμπεστές** είναι ένα γενικότερο σχήμα συμπίεσης (και αποσυμπίεσης) που συνήθως περιλαμβάνει περισσότερους από έναν αλγόριθμους στη σειρά, δηλ. τα δεδομένα εξόδου του ενός να αποτελούν δεδομένα εισόδου του επόμενου.

- ◇ Πχ. JPEG & MPEG

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- ★ Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Ορισμοί Συμπίεσης (III)



- ◇ **Λόγος συμπίεσης» (compression ratio):** Πρόκειται για ένα μέγεθος που εκφράζει την σχέση του χώρου που καταλαμβάνουν τα αρχικά δεδομένα ως προς τον χώρο που καταλαμβάνουν τα συμπεσμένα δεδομένα. Ο λόγος συμπίεσης είναι ένας καθαρός αριθμός και δίνεται από τη σχέση:
 - ◇ Λόγος συμπίεσης = αρχικό μέγεθος δεδομένων / μέγεθος συμπεσμένων δεδομένων
 - ◇ Για παράδειγμα, λόγος συμπίεσης «3 προς 1» (γράφεται 3:1) σημαίνει ότι η μετά τη συμπίεση το μέγεθος του αρχείου θα είναι το 1/3 του αρχικού.

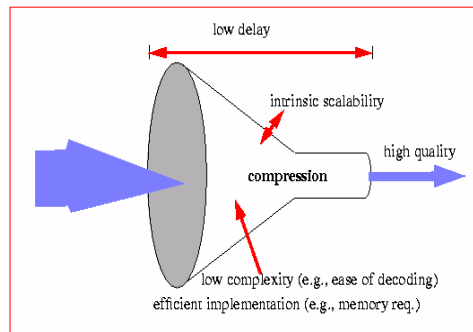
- ◇ **Ρυθμός συμπίεσης (compression rate):** εκφράζει το ρυθμό μετάδοσης των συμπεσμένων δεδομένων και μετριέται συνήθως σε bits per second (bps).

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- ★ Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Συμπίεση και Πολυμεσικές Εφαρμογές



- ◇ Οι απαιτήσεις κατά τη συμπίεση και αποσυμπίεση κάποιας μορφής πληροφορίας διαφοροποιούνται από εφαρμογή σε εφαρμογή
- ◇ Εξαρτώνται άμεσα από το αν η εφαρμογή είναι **διαλογικού τύπου** ή **τύπου ανάκλησης δεδομένων**



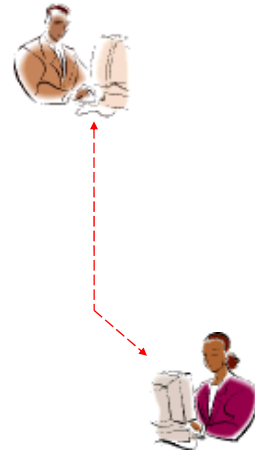
- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- * Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Συμπίεση και Πολυμεσικές Εφαρμογές (II)



◇ Εφαρμογές διαλογικού τύπου (Dialogue Mode)

- ◇ Η διαδικασία συμπίεσης / αποσυμπίεσης δεν πρέπει να διαρκεί πάνω από 150 msec (end-to-end delay) για συνηθισμένες εφαρμογές
- ◇ Καθυστέρηση της τάξης των 50 msec για "face-to-face" εφαρμογές
- ◇ Για τη συνολική end-to-end καθυστέρηση πρέπει να συνοπολογιστούν καθυστερήσεις που οφείλονται στο δίκτυο, το πρωτόκολλο επικοινωνίας, τις συσκευές I/O που χρησιμοποιούνται κλπ.



© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

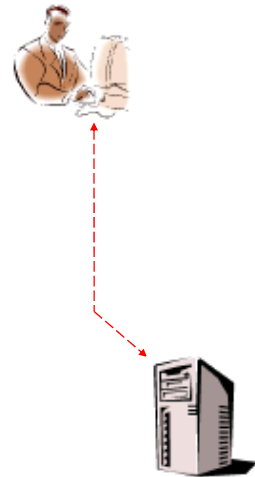
- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- * Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Συμπίεση και Πολυμεσικές Εφαρμογές (III)



◇ Εφαρμογές τύπου ανάκλησης δεδομένων (Retrieval Mode)

- ◇ Γρήγορη αναζήτηση και ανάκτηση πληροφοριών (forward and backward) και ταυτόχρονη προβολή τους
- ◇ Τυχαία προσπέλαση σε οποιοδήποτε πλαίσιο εικόνας ή ήχου, με χρόνο προσπέλασης μικρότερο από 0,5 sec
- ◇ Δυνατότητα αποσυμπίεσης σε τυχαία μεμονωμένα πλαίσια (έτσι ώστε να επιτρέπεται η επεξεργασία τους)



© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- ★ Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης



- ◇ Ανάλογα με τη σχέση που έχει το αρχικό σήμα με το αποτέλεσμα της αποσυμπίεσης υπάρχουν δύο κατηγορίες μεθόδων συμπίεσης:
 - ◇ **Τεχνικές χωρίς απώλειες (lossless compression schemes):**
 - ◇ Δεν μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά του σήματος κατά τη διάρκεια της συμπίεσης => το σήμα που προκύπτει κατά την αποσυμπίεση είναι ακριβές αντίγραφο του αρχικού.
 - ◇ Τεχνικές αυτής της μορφής χρησιμοποιούνται για τη συμπίεση σημάτων τα οποία δε θα πρέπει να αλλοιωθούν κατά τη διαδικασία της συμπίεσης / αποσυμπίεσης (π.χ. ιατρικά σήματα όπως υπερηχογραφήματα).
 - ◇ **Τεχνικές με απώλειες (lossy compression schemes):**
 - ◇ Αλλοιώνουν τα χαρακτηριστικά του σήματος κατά τη διαδικασία της συμπίεσης.
 - ◇ Τεχνικές αυτής της μορφής χρησιμοποιούνται κυρίως για τη συμπίεση ηχητικών σημάτων ή εικόνων.
 - ◇ Εκμεταλλεύονται τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά της ανθρώπινης όρασης και ακοής για να εισάγουν επιλεκτικά αλλοιώσεις στο σήμα οι οποίες γίνονται δύσκολα αντιληπτές.

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- ★ Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Μη απωλεστική συμπίεση



- ◇ Η μη απωλεστική συμπίεση εξαλείφει τον πλεονασμό της πληροφορίας χωρίς να «θυσιάζει» κανένα δεδομένο
- ◇ Κλασικό παράδειγμα ο γνωστός συμπιεστής WinZip
- ◇ **Παράδειγμα:**
 - ◇ Αν η αρχική πληροφορία είχε τη μορφή
ΠΠΠΟΟΟΟΟΟΛΛΥΥΥΥΥΥΜΜΕΕΕΕΕΕΕΕΣΣΣΑΑΑΑΑΑΑΑ
αφαιρώντας τον πλεονασμό συμπιέζεται 3Π 6Ο 2Λ 7Υ 2Μ 8Ε 3Σ 7Α
 - ◇ Κατά την αποκωδικοποίηση η πληροφορία αναπαράγεται με την αρχική της μορφή:
ΠΠΠΟΟΟΟΟΟΛΛΥΥΥΥΥΥΜΜΕΕΕΕΕΕΕΕΣΣΣΑΑΑΑΑΑΑΑ
- ◇ Ευρέως διαδεδομένοι μη απωλεστικοί αλγόριθμοι είναι οι:
 - ◇ Run Length Encoding (RLE), Huffman, Delta, LZW.

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- ★ Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Απωλεστική συμπίεση



- ◇ Στην απωλεστική συμπίεση εφαρμόζονται αλγόριθμοι που αφαιρούν μέρος της πληροφορίας με επιλεκτικό τρόπο Αυτό μπορεί να γίνει γιατί υπάρχουν είδη πληροφορίας που δεν αλλοιώνονται ουσιαστικά από την απώλεια κάποιων bit
- ◇ Παράδειγμα:
 - ◇ Αν η αρχική πληροφορία είχε τη μορφή
ΠΠΠΟΟΟΟΟΛΛΥΥΥΥΥΥΜΜΕΕΕΕΕΕΕΕΣΣΣΑΑΑΑΑΑ
 - ◇ Αφαιρώντας όλο τον πλεονασμό της πληροφορίας τη συμπιέζουμε με τη μορφή:
3Π 6Ο 2Λ 7Υ 2Μ 8Ε 3Σ 7Α
 - ◇ Αν όμως ο αλγόριθμος αγνοεί τις υψηλότερες συχνότητες εμφάνισης (πχ. πάνω από το 5) τότε κωδικοποιεί ως εξής: 3Π 5Ο 2Λ 5Υ 2Μ 5Ε 3Σ 5Α
 - ◇ και η πληροφορία μετά την αποσυμπίεση έχει τη μορφή:
ΠΠΠΟΟΟΟΟΛΛΥΥΥΥΥΥΜΜΕΕΕΕΕΕΕΕΣΣΣΑΑΑΑΑ

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- ★ Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Κατηγορίες τεχνικών συμπίεσης (II)



- ◇ Ανάλογα με τη μέθοδο που ακολουθείται για τη συμπίεση μίας πηγής πληροφορίας υπάρχουν τρεις κατηγορίες τεχνικών συμπίεσης:
 - ◇ **Τεχνικές κωδικοποίησης εντροπίας (entropy encoding):**
 - ◇ Είναι τεχνικές χωρίς απώλειες οι οποίες δε λαμβάνουν υπόψη τους τη φύση των σημάτων στα οποία εφαρμόζονται. Οι συγκεκριμένες μέθοδοι θεωρούν ότι το σήμα που συμπιέζεται δεν είναι τίποτα άλλο παρά μία σειρά από δυαδικά ψηφία.
 - ◇ **Τεχνικές κωδικοποίησης πηγής (source encoding):**
 - ◇ Λαμβάνουν υπόψη τους τη φύση του σήματος που συμπιέζεται. Π.χ. μία τέτοια μέθοδος μπορεί να ανιχνεύει και να συμπιέζει δραστικά περιόδους σιωπής σε ένα ηχητικό σήμα δεδομένου ότι οι τελευταίες δεν περιέχουν καμία χρήσιμη ακουστική πληροφορία πέραν της διάρκειας τους.
 - ◇ Πετυχαίνουν μεγαλύτερους βαθμούς συμπίεσης από τις κωδικοποιήσεις εντροπίας αν και ο βαθμός συμπίεσης είναι μεταβλητός και εξαρτάται από τη μορφή του συγκεκριμένου σήματος.
 - ◇ Μπορεί να είναι τεχνικές με ή χωρίς απώλειες

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- ★ Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Τεχνικές Κωδικοποίησης Εντροπίας



- ◇ Οι τεχνικές κωδικοποίησης εντροπίας αντιμετωπίζουν την πληροφορία απλά σαν μια σειρά από bits και επιχειρούν να τη συμπιέσουν συνήθως εφαρμόζοντας κάποιες στατιστικές μεθόδους.
 - ◇ Εκμεταλλεύονται, δηλαδή, τους κανόνες στην εκπομπή των συμβόλων και προσπαθούν να μειώσουν τον πλεονασμό.
 - ◇ Οι αλγόριθμοι κωδικοποίησης εντροπίας προσφέρουν συμπίεση χωρίς απώλειες.
- ◇ Διακρίνονται σε:
 - ◇ **Τεχνικές Μήκους Διαδρομής (Run Length Encoding)**
 - ◇ RLC (Run Length Coding)
 - ◇ Zero Suppression
 - ◇ **Στατιστικές:**
 - ◇ Huffman
 - ◇ Αριθμητική
 - ◇ Αντικατάσταση προτύπων (π.χ. LZW, LUT)

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- ★ Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Τεχνικές Κωδικοποίησης Εντροπίας (II)



- ◇ Τι είναι εντροπία (entropy);
 - ◇ Ο (θεωρητικά) ελάχιστος αριθμός από bits ανά σύμβολο που απαιτείται για τη κωδικοποίηση / μετάδοση ενός μηνύματος.
 - ◇ Πως υπολογίζεται η εντροπία ενός μηνύματος;
 - ◇ Με βάση την εξίσωση Shannon:

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$
- όπου n ο αριθμός των συμβόλων που αποτελούν το μήνυμα και p_i η πιθανότητα εμφάνισης του συμβόλου i .

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Τεχνικές Κωδικοποίησης Εντροπίας (III)



- ◇ Επειδή η εντροπία υποδεικνύει τη βέλτιστη συμπίεση (χωρίς απώλειες), που μπορεί να επιτευχθεί, η αποδοτικότητα κωδικοποίησης μιας μεθόδου συχνά συγκρίνεται με την εντροπία.
- ◇ Η αποδοτικότητα κωδικοποίησης υπολογίζεται με βάση τον μέσο αριθμό bits ανά κωδική λέξη (codeword):

$$\text{Average number of bits per codeword} = \sum_{i=1}^n N_i p_i$$

όπου n ο αριθμός των συμβόλων που αποτελούν το μήνυμα, p_i η πιθανότητα εμφάνισης του συμβόλου i και N_i τα bits που χρησιμοποιούνται για την κωδικοποίηση του συμβόλου i .

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Παράδειγμα



- ◇ Ένα μήνυμα αποτελείται από τα σύμβολα A,B,C,D,E των οποίων οι πιθανότητες εμφάνισης έχουν εκτιμηθεί ως $P(A)=0.4$, $P(B)=0.08$, $P(C)=0.16$, $P(D)=0.16$, $P(E)=0.2$.
 - ◇ Να υπολογιστεί η εντροπία του μηνύματος
 - ◇ Να υπολογιστεί η αποδοτικότητα του βέλτιστου αλγορίθμου κωδικοποίησης του παραπάνω μηνύματος αν χρησιμοποιείται σταθερού μεγέθους μήκος λέξης.
- ◇ **Απάντηση:**
 - ◇ $H = 2.13$ bits/symbol
 - ◇ Για σταθερό μήκος λέξης χρειαζόμαστε 3 bits /σύμβολο (αφού έχουμε $n = 5$ σύμβολα χρειαζόμαστε L bits ανά σύμβολο ώστε να ισχύει $2^L \geq n$. Το ελάχιστο L που ικανοποιεί την προηγούμενη σχέση είναι $L = 3$)
 - ◇ Ο μέγιστος βαθμός συμπίεσης που θα μπορούσε να επιτευχθεί με κωδικοποίηση εντροπίας είναι: $L/H \Rightarrow 1.41:1$

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- ★ Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

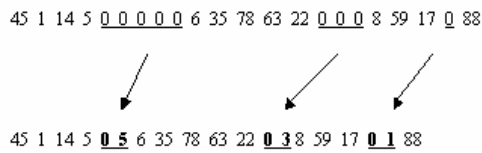
Κωδικοποίηση μήκους διαδρομής



◇ Βασική Ιδέα:

- ◇ Η κωδικοποίηση μήκους διαδρομής (RLE - Run Length Encoding) βασίζεται στην παρατήρηση ότι σε πολλές περιπτώσεις μέσα σε μια ομάδα δεδομένων εμφανίζεται το ίδιο σύμβολο να επαναλαμβάνεται πολλές φορές στη σειρά.
- ◇ Θα μπορούσε επομένως αυτή η ακολουθία πολλαπλών εμφανίσεων του ίδιου συμβόλου να αντικατασταθεί από δύο άλλα σύμβολα:

- (α) το σύμβολο που εμφανίζεται, και
- (β) πόσες φορές εμφανίζεται



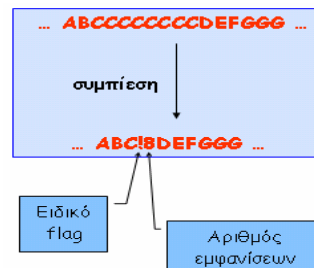
- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- ★ Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Κωδικοποίηση μήκους διαδρομής (II)



◇ Ανάλυση

- ◇ Αποτελεσματική τεχνική όταν ένας χαρακτήρας επαναλαμβάνεται τουλάχιστον τέσσερις φορές (βλ. σχήμα)
- ◇ Η ίδια ουσιαστικά τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί και σε εικόνες όπου η ίδια τιμή φωτεινότητας ή χρώματος επαναλαμβάνεται πολλές φορές.
- ◇ Η μέθοδος είναι αποτελεσματική για την συμπίεση κειμένου και εικόνων δύο τόνων (άσπρο - μαύρο)



- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- ★ Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Στατιστική Κωδικοποίηση



- ◇ Δύο βασικές μορφές:
 - ◇ Κωδικοποίηση Huffman:
 - ◇ Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα σύμβολα κωδικοποιούνται με λιγότερα bits (τα σπάνια εμφανιζόμενα σύμβολα θα έχουν μεγαλύτερου μεγέθους κωδικές λέξεις, ενώ τα συχνά μικρότερου μεγέθους).
 - ◇ Αντικατάσταση προτύπων (packbits encoding)
 - ◇ Ακολουθίες συμβόλων κωδικοποιούνται ομαδικά ως ένας νέο σύμβολο τους με λιγότερα bits.
 - ◇ Για παράδειγμα οι σημειώσεις του μαθήματος θα μπορούσαν να συμπεστούν με την ανάθεση μιας κωδικής λέξης για “πολυμέσα” συνολικά.
 - ◇ Είναι φανερό ότι η μέθοδος απαιτεί την ύπαρξη λεξικού, όπου αποθηκεύονται οι ακολουθίες που αντιστοιχούν σε κάθε κωδικό για να μπορεί να γίνει η αποσυμπίεση.
 - ◇ Το λεξικό προκύπτει από ανάλυση του κειμένου, ενώ κάποιες ακολουθίες συμβόλων είναι εκ των προτέρων γνωστό ότι θα εμφανιστούν σίγουρα.

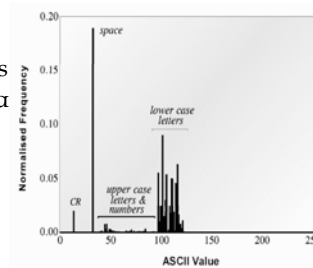
© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- ★ Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Κωδικοποίηση Huffman



- ◇ Βασική ιδέα
 - ◇ Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα σύμβολα κωδικοποιούνται με μικρότερες σειρές από bits (σε αντίθεση με τα λιγότερο χρησιμοποιούμενα τα οποία κωδικοποιούνται με μεγαλύτερες σειρές από bits)
- ◇ Ανάλυση
 - ◇ Η τεχνική βασίζεται σε στατιστικές μεθόδους (πιθανότητες εμφάνισης συμβόλων)
 - ◇ Κατασκευή δυαδικού δέντρου, αρχίζοντας από τους χαρακτήρες με τη μικρότερη πιθανότητα εμφάνισης
 - ◇ Η τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για κωδικοποίηση ομάδων συμβόλων, όπου η έννοια του «συμβόλου» αντικαθίσταται από εκείνη της «ομάδας συμβόλων»



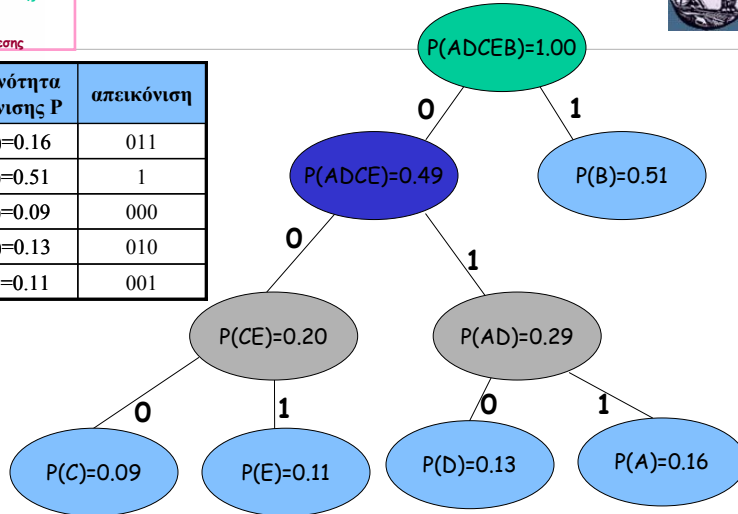
© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- ★ Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Κωδικοποίηση Huffman (II)



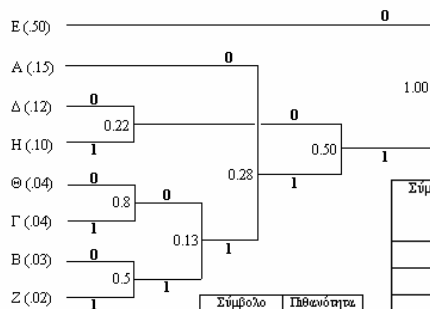
σύμβολο	Πιθανότητα εμφάνισης P	απεικόνιση
A	P(A)=0.16	011
B	P(B)=0.51	1
C	P(C)=0.09	000
D	P(D)=0.13	010
E	P(E)=0.11	001



Προσοχή! Στην κωδικοποίηση πρέπει να περιλαμβάνεται και ο σχετικός πίνακας

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- ★ Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Παράδειγμα Κωδικοποίησης Huffman



Σύμβολο	Πιθανότητα
E	.50
A	.15
Δ	.12
H	.10
θ	.04
Γ	.04
Ε	.03
Z	.02

Σύμβολο	Πιθανότητα εμφάνισης p	Διαδικασία κωδικοδ. Huffman	Πλήθος ψηφίων στον κωδικοδ., N	N * p
E	.50	0	1	.50
A	.15	110	3	.45
Δ	.12	100	3	.36
H	.10	101	3	.30
θ	.04	11100	5	.20
Γ	.04	11101	5	.20
Ε	.03	11110	5	.15
Z	.02	11111	5	.10
				2.26

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- ★ Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Άσκηση



- ◇ Να βρεθούν οι κωδικές λέξεις Huffman για την αναπαράσταση μηνυμάτων που απαρτίζονται από τα σύμβολα A,B,C,D,E και των οποίων οι πιθανότητες εμφάνισης στα μηνύματα είναι όπως υποδεικνύεται στο διπλανό πίνακα
- ◇ Να υπολογισθεί το μέσο μήκος λέξης της κωδικοποίησης και να συγκριθεί με την αντίστοιχη εντροπία των μηνυμάτων

σύμβολο	Πιθανότητα εμφάνισης P
A	0.4
B	0.08
C	0.16
D	0.16
E	0.2

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- ★ Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Αντικατάσταση προτύπων



- ◇ Βασική ιδέα:
 - ◇ Αναζήτηση των πιο συχνά χρησιμοποιούμενων ακολουθιών συμβόλων κι αντικατάστασή τους από ειδικές κωδικές λέξεις (codewords)
- ◇ Ανάλυση
 - ◇ Η τεχνική αυτή (pattern substitution) είναι παραλλαγή της τεχνικής «κωδικοποίηση μήκους διαδρομής»
 - ◇ Στην αγγλική, τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα ζεύγη χαρακτήρων είναι τα παρακάτω (προσοχή στους χαρακτήρες κενού):
 “E ”, “T ”, “TH”, “ A”, “S”, “RE”, “IN”, “HE”
 - ◇ Οι ειδικοί χαρακτήρες που αντικαθιστούν τα παραπάνω ζευγάρια δεν πρέπει να εμφανίζονται πουθενά αλλού στο κείμενο
 - ◇ Η τεχνική μπορεί να πετύχει συμπίεση της τάξης του 10%
 - ◇ Ο ευρέως διαδεδομένος αλγόριθμος συμπίεσης LZW (Lempel, Ziv & Welch) βασίζεται στη λογική αντικατάστασης προτύπων.

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Παράδειγμα: Συμπίεση LZW



- ◇ Έστω η αρχική ακολουθία αριθμών (π.χ. τιμών δειγμάτων):
123 145 201 4 119 89 243 245 59 11 206 145 201 4 243 245 ...
- ◇ Με βάση τον αλγόριθμο LZW η ακολουθία που θα προκύψει από τη συμπίεση θα είναι:
123 256 119 89 257 59 11 206 256 257 ...
- ◇ Είχαμε δηλαδή τις αντικαταστάσεις:
145 201 4 => 256
243 245 => 257

	code number	translation
For representing single characters	0000	0
	0001	1
	⋮	⋮
	0254	254
	0255	255
For representing repeating character blocks	0256	145 201 4
	0257	243 245
	⋮	⋮
	⋮	⋮
	4095	xxx xxx xxx

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Κωδικοποίηση Πηγής



- ◇ Στη κωδικοποίηση πηγής οι μετασχηματισμοί τους οποίους υφίστανται το αρχικό σήμα, με στόχο τη συμπίεση, εξαρτώνται άμεσα από τον τύπο του.
- ◇ Για παράδειγμα, η ομιλία χαρακτηρίζεται από συχνά διαστήματα σιωπής, που μπορούν να περιγραφούν με πιο αποτελεσματικό τρόπο. Δηλαδή, οι μετασχηματισμοί του σήματος κάνουν χρήση των ιδιαίτερων σημασιολογικών χαρακτηριστικών που μεταφέρει το σήμα.
- ◇ Οι τεχνικές κωδικοποίησης πηγής, στη γενική περίπτωση, επιτυγχάνουν μεγαλύτερα ποσοστά συμπίεσης σε σχέση με την κωδικοποίηση εντροπίας.
- ◇ Μειονεκτούν στη σταθερότητα, γιατί το ποσοστό συμπίεσης που επιτυγχάνουν διαφοροποιείται ανάλογα με το αντικείμενο που συμπίεζεται.
- ◇ Η κωδικοποίηση πηγής μπορεί να λειτουργήσει και με απώλειες και χωρίς απώλειες.

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Κωδικοποίηση Πηγής (II)



- ◇ Διακρίνονται σε:
 - ◇ Προβλεπτικές
 - ◇ DPCM (Difference Pulse Code Modulation)
 - ◇ DM (Difference Modulation)
 - ◇ Μετασχηματισμού
 - ◇ FFT (Fast Fourier Transform)
 - ◇ DCT (Discrete Cosine Transform)
 - ◇ Στρωματοποίησης (Layered)
 - ◇ Subband Coding
 - ◇ Διανυσματικές
 - ◇ Ταύτισης με προκαθορισμένα πρότυπα
 - ◇ Fractals
- ◇ Να σημειωθεί ότι οι παραπάνω κατηγορίες κωδικοποίησης δεν αποκλείουν η μια την άλλη. Υπάρχουν αλγόριθμοι που συνδυάζουν τεχνικές και των τεσσάρων κατηγοριών για να επιτύχουν καλύτερα αποτελέσματα.

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Κωδικοποίηση Μετασχηματισμού

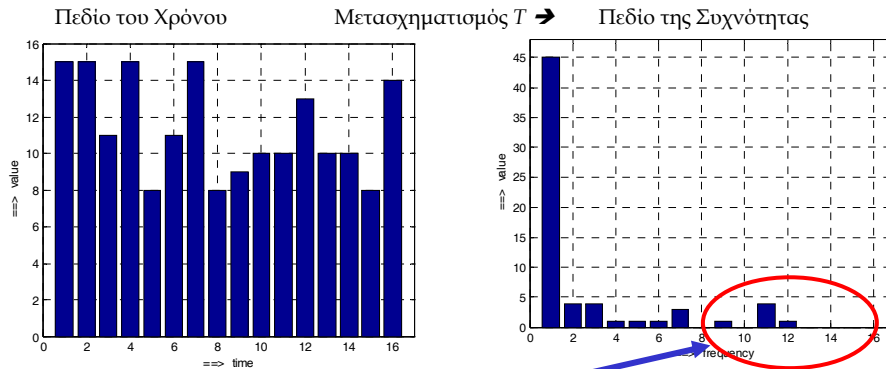


- ◇ Βασική ιδέα
 - ◇ Στη κωδικοποίηση μετασχηματισμού, το σήμα υφίσταται ένα μαθηματικό μετασχηματισμό από το αρχικό πεδίο του χρόνου ή του χώρου σε ένα αφηρημένο πεδίο το οποίο είναι πιο κατάλληλο για συμπίεση. Αυτή η διαδικασία είναι αντιστρεπτή, δηλαδή υπάρχει ο αντιστροφος μετασχηματισμός που θα επαναφέρει το σήμα στην αρχική του μορφή.
 - ◇ Ένα τέτοιος μετασχηματισμός είναι ο μετασχηματισμός Fourier. Μέσω του μετασχηματισμού Fourier μια συνάρτηση του χρόνου $g(t)$ μπορεί να μετασχηματιστεί σε μια $G(f)$ στο πεδίο των συχνοτήτων.
- ◇ Ανάλυση
 - ◇ Αφού επιλεγεί και εκτελεστεί ο μετασχηματισμός, βρίσκουμε τους πιο σημαντικούς από τους συντελεστές και τους περιγράφουμε με μεγάλη ακρίβεια.
 - ◇ Τους λιγότερο σημαντικούς μπορούμε να τους περιγράψουμε με μικρότερη ακρίβεια ή και να τους αγνοήσουμε τελείως. Κάνοντας κάτι τέτοιο η διαδικασία συμπίεσης έχει απώλειες.
 - ◇ Οι μετασχηματισμοί από μόνιους είναι αντιστρεπτοί.

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- ★ Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Κωδικοποίηση Μετασχηματισμού (II)



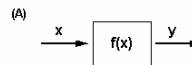
Δεδομένα που πιθανόν να μην γίνονται αντιληπτά από το αυτί

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- ★ Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

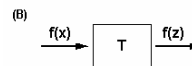
Κωδικοποίηση Μετασχηματισμού (III)



◇ Ένας μετασχηματισμός (transform) είναι μια μαθηματική διαδικασία που με βάση κάποιον αλγόριθμο αντιστοιχεί μία σειρά από τιμές σε μια άλλη σειρά τιμών.



◇ Ο μετασχηματισμός επεκτείνει την έννοια της συνάρτησης επιτρέποντας στις παραμέτρους εισόδου και εξόδου να μην είναι απλές τιμές αλλά συναρτήσεις, δηλ. σύνολα τιμών.

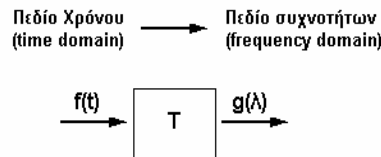


- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- ★ Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Μετασχηματισμοί Fourier



- ◇ Οι μετασχηματισμοί Fourier μετασχηματίζουν μια συνάρτηση $g(t)$ από το πεδίο του χρόνου σε μια συνάρτηση $G(f)$ στο πεδίο των συχνοτήτων και προσδιορίζουν το πλάτος G καθεμιάς συχνότητας f στις οποίες αναλύεται η αρχική $g(t)$.

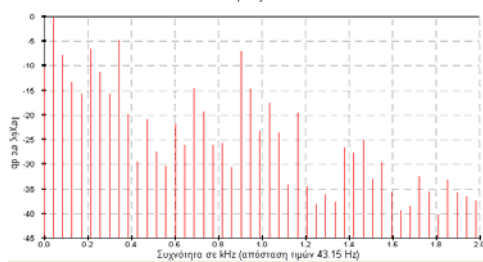
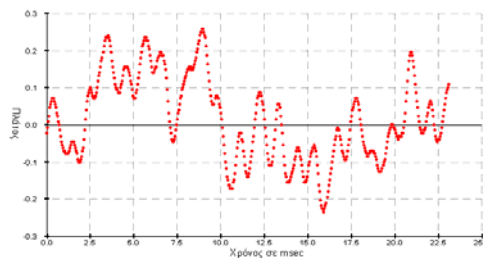


- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- ★ Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Μετασχηματισμοί Fourier (II)



- ◇ Στο διπλανό σχήμα οι τελείες δείχνουν τις τιμές των δειγμάτων από τις οποίες αποτελείται το σήμα (πρόκειται για ψηφιοποίηση ήχου).
- ◇ Οι σχετικές τιμές των πλατών (συντελεστές Fourier) δείχνουν ποιες συχνότητες συνεισφέρουν περισσότερο στη διαμόρφωση του σήματος.



- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Διακριτός Μετασχηματισμός Συναμμιτόνου



- ◇ Ο Διακριτός Μετασχηματισμός Συναμμιτόνου» (Discrete Cosine Transform, DCT) εφαρμόζεται συνήθως για την συμπίεση σημάτων εικόνας & ήχου
 - ◇ Ο συγκεκριμένος μετασχηματισμός μετατρέπει το διακριτό σήμα (δηλ. τις τιμές των δειγμάτων) σε μια σειρά από απλές ακέραιες τιμές (τους συντελεστές του μετασχηματισμού) που αποτελούν τα πλάτη των συχνοτήτων που το συνθέτουν.
 - ◇ Στη συνέχεια είναι εύκολο να μηδενίσει κανείς τους μικρότερους συντελεστές και να επιτύχει έτσι σημαντική συμπίεση.
- ◇ Η τεχνική αυτή αποτελεί τη βάση των λεγόμενων ψυχοφυσιολογικών συμπιεστών (JPEG, MPEG).

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Προβλεπτική Κωδικοποίηση



- ◇ **Βασική ιδέα**
 - ◇ Όπως όλες οι τεχνικές πρόβλεψης (predictive techniques), βασίζεται στην πρόβλεψη (με βάση τις προηγούμενες τιμές δειγμάτων) του ποια θα είναι η επόμενη τιμή του δείγματος
 - ◇ Κωδικοποιείται η διαφορά της πρόβλεψης από την πραγματική τιμή
 - ◇ Εκμετάλλευση του γεγονότος ότι συνεχόμενα δείγματα (λόγω της συχνότητας δειγματοληψίας) θα έχουν παρόμοιες τιμές.
- ◇ **Ανάλυση**
 - ◇ Χρησιμοποιείται συνήθως σε κωδικοποίηση μονοδιάστατων σημάτων (ήχος) και κωδικοποιεί ένα δείγμα ως διαφορά από το προηγούμενό του.
 - ◇ Λόγω του ότι η διαφορά αυτή είναι πολλές φορές μικρή ή ανύπαρκτη, η κωδικοποίηση των διαφορών μπορεί να γίνει μόνο με 4 bits χωρίς απώλεια πληροφοριών
 - ◇ Μειονέκτημα:
 - ◇ Σε περιπτώσεις μεγάλων διαφορών ανάμεσα σε γειτονικά δείγματα χάνεται πληροφορία

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Μέθοδοι Προβλεπτικής Κωδικοποίησης



- ◇ Διαφορική παλμοκωδική διαμόρφωση (Differential Pulse Code Modulation - DPCM)
 - ◇ Ο μηχανισμός που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη των τιμών των δειγμάτων είναι σταθερός σε όλη τη διάρκεια της κωδικοποίησης. Η προβλεπόμενη τιμή κάθε δείγματος είναι απλά η τιμή του προηγούμενου δείγματος.
 - ◇ Δηλαδή για τη χρονική στιγμή t θα κωδικοποιηθεί η διαφορά των δειγμάτων $s(t) - s(t-1)$ όπου ως προβλεπόμενη τιμή έχει χρησιμοποιηθεί η τιμή του δείγματος $s(t-1)$ τη χρονική στιγμή $t-1$.
- ◇ Δέλτα διαμόρφωση (Delta Modulation - PCM)
 - ◇ Στη δέλτα διαμόρφωση, η διαφορά μεταξύ της προβλεπόμενης και της τρέχουσας τιμής του δείγματος κωδικοποιείται με ένα μόνο bit.
 - ◇ Αυτό σημαίνει ότι κάθε δείγμα μπορεί να είναι είτε μεγαλύτερο είτε μικρότερο κατά ένα κβάντο (διάστημα δειγματοληψίας) από το προηγούμενο του. Αυτός ο περιορισμός οδηγεί σε μεγάλη οικονομία αλλά αν το σήμα αλλάζει γρήγορα θα υπάρχει μεγάλη απώλεια πληροφορίας. Άρα η δέλτα διαμόρφωση είναι κατάλληλη για σήματα χαμηλών συχνοτήτων τα οποία δειγματοληπτούνται με συχνότητα αρκετά μεγαλύτερη από τη συχνότητα Nyquist.

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Μέθοδοι Προβλεπτικής Κωδικοποίησης (II)



- ◇ Η προσαρμοστική διαφορική παλμοκωδική διαμόρφωση (Adaptive DPCM - ADPCM)
 - ◇ Στην ADPCM, αντί να χρησιμοποιείται ένας σταθερός μηχανισμός πρόβλεψης, χρησιμοποιείται ένας δυναμικός μηχανισμός που προσαρμόζεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του προς δειγματοληψία σήματος.

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Διαφορική Παλμοκωδική Διαμόρφωση (DPCM)

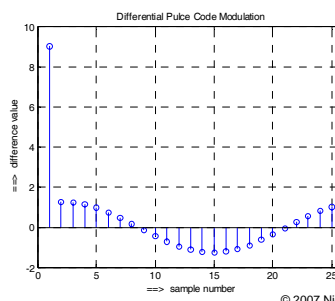
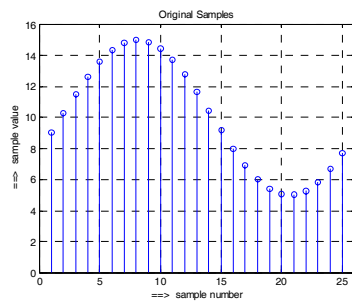


Η διαφορική παλμοκωδική διαμόρφωση κωδικοποίηση έχει ακριβώς σαν βασική ιδέα την καταγραφή όχι της ακριβούς τιμής κάθε δεδομένου αλλά της διαφοράς του από μια πρόβλεψη. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η πρόβλεψη για τη τιμή του δείγματος είναι η τιμή του προηγούμενου δείγματος:

Παράδειγμα:

Αρχικά δεδομένα: 28 30 47 14 29 28 31 25 27 28 32 33 37 41 29

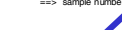
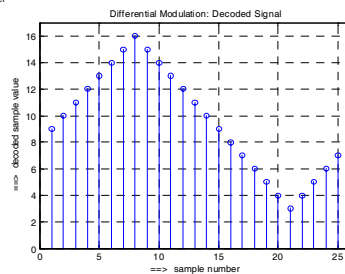
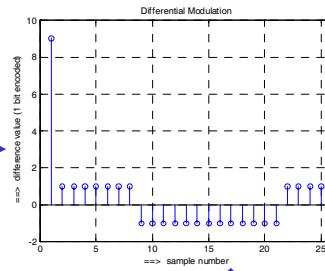
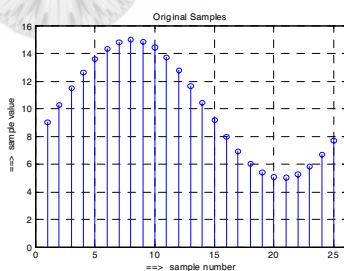
Δεδομένα μετά την κωδικοποίηση δέλτα: 28 +2 +19 -14 +1 0 +3 -3 -1 0 +4 +5 +9 +12 +1



© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Διαφορική Διαμόρφωση (Delta)



© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- ★ Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Διανυσματικός Κβαντισμός



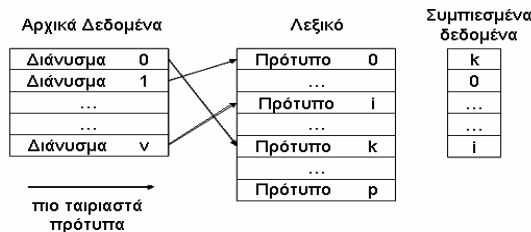
- ◇ Ο διανυσματικός κβαντισμός αποτελεί μια παραλλαγή της μεθόδου αντικατάστασης προτύπων στην οποία όμως επιτρέπονται απώλειες.
- ◇ **Βασική αρχή**
 - ◇ Τα δεδομένα χωρίζονται σε διανύσματα. Αντί να μεταδίδεται η πραγματική πληροφορία, μεταδίδεται η ετικέτα των πιο ταιριαστών προτύπων μέσα από ένα λεξικό.
- ◇ **Ανάλυση**
 - ◇ Τα δεδομένα χωρίζονται σε τμήματα που ονομάζονται διανύσματα. Για παράδειγμα, αν τα δεδομένα μας αποτελούν μια εικόνα, κάθε διάνυσμα μπορεί να είναι ένα τετράγωνο ή παραλληλόγραμμο τμήμα της εικόνας (βλέπε κωδικοποίηση Quadtree).
 - ◇ Υπάρχει ένας πίνακας που περιέχει ένα σύνολο από πρότυπα διανύσματα (Look Up Table - LUT). Αυτός ο πίνακας αποτελεί το λεξικό της μεθόδου και πρέπει να είναι διαθέσιμο τόσο κατά την συμπίεση, όσο και την αποσυμπίεση των δεδομένων.

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- ★ Κωδικοποίηση Πηγής
- Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Διανυσματικός Κβαντισμός (II)



- ◇ **Ανάλυση (συν.)**
 - ◇ Το λεξικό μπορεί να είναι προκαθορισμένο, δηλαδή το ίδιο σε όλες τις διαδικασίες συμπίεσης ή δυναμικό. Στην τελευταία περίπτωση, κάθε φορά που ξεκινά η συμπίεση των δεδομένων, ένα νέο λεξικό δημιουργείται.
 - ◇ Η συμπίεση έγκειται στην αντικατάσταση κάθε διανύσματος της αρχικής πληροφορίας με το πιο ταιριαστό από τα πρότυπα του λεξικού. Κάνοντας χρήση του λεξικού, αντί για ολόκληρα τα πρότυπα, μόνο η ετικέτα τους ή ο αύξων αριθμός τους στο λεξικό είναι απαραίτητο να αποθηκευτεί.



Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης



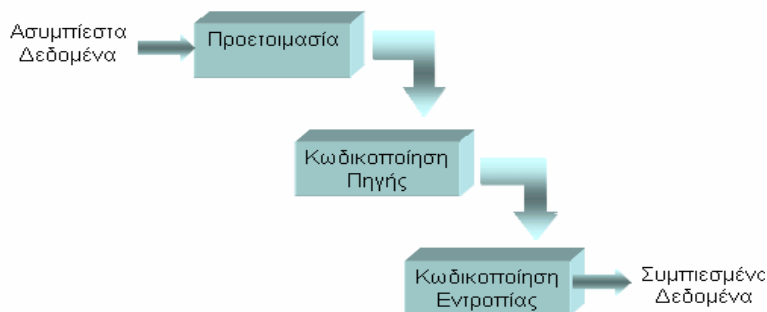
- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- ★ Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

- ◇ Αποτελούν συνδυασμό μεθόδων από τις άλλες κατηγορίες. Είναι επομένως στην ουσία συμπιεστές παρά αλγόριθμοι συμπίεσης
- ◇ Έχουν υλοποιηθεί από πολύ επιτυχημένα πρότυπα κωδικοποίησης (coding standards)
 - ◇ **JPEG (Joint Photographic Experts Group)**
 - ◇ Συνδυάζει κωδικοποίηση μετασχηματισμού (DCT) και μήκους διαδρομής (RLC)
 - ◇ **H263:**
 - ◇ Συνδυάζει κωδικοποίηση μετασχηματισμού (DCT), προβλεπτική (αντιστάθμιση κίνησης - MC: motion compensation) και μήκους διαδρομής (RLC)
 - ◇ **MPEG (Moving Pictures Expert Group):**
 - ◇ Συνδυάζει κωδικοποίηση μετασχηματισμού (DCT), προβλεπτική (αντιστάθμιση κίνησης - MC: motion compensation), μήκους διαδρομής (RLC) και στρώματοποίησης (Subband Coding) για την συμπίεση του ήχου (MP3)

Γενικό σχήμα συμπίεστη



- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- ★ Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης



- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- ★ Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Γενικά στοιχεία για το JPEG



- ◇ Χρησιμοποιείται κυρίως για κωδικοποίηση εικόνων (αποχρώσεων του γκρι ή έγχρωμες), αλλά και για βίντεο (Motion JPEG)
- ◇ Υλοποιείται μέσω είτε μόνο ειδικού λογισμικού είτε συνδυασμού λογισμικού και hardware (ειδικών καρτών)
- ◇ Ο χρήστης μπορεί να ορίσει
 - ◇ την ποιότητα της αποκωδικοποιημένης εικόνας,
 - ◇ το χρόνο επεξεργασίας της συμπίεσης και,
 - ◇ το μέγεθος της συμπεσμένης εικόνας

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- ★ Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Γενικά στοιχεία για το JPEG (II)



- ◇ Εκτός από τις γενικές απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιεί κάθε τεχνική συμπίεσης, ισχύουν επίσης τα εξής:
 - ◇ Η τεχνική είναι ανεξάρτητη του μεγέθους ή του περιεχομένου της εικόνας και εφαρμόσιμη σε οποιοδήποτε είδος εικόνας και pixel aspect ratio (ζητήματα που επιλύονται κατά τη προετοιμασία δεδομένων)
 - ◇ Η αναπαράσταση των χρωμάτων πρέπει να είναι ανεξάρτητη από τη συγκεκριμένη υλοποίηση της τεχνικής (ζητήματα που επιλύονται κατά τη προετοιμασία δεδομένων)
 - ◇ Ο βαθμός συμπίεσης και η ποιότητα της εικόνας που επιτυγχάνεται πρέπει να είναι όσο το δυνατόν καλύτερα
 - ◇ Πρέπει να υποστηρίζεται σειριακή συμπίεση (γραμμή-γραμμή) και σταδιακή αποσυμπίεση (ραφινάρισμα) της εικόνας

- Εισαγωγή
- Γιατί χρειάζεται Συμπίεση
- Ορισμοί Συμπίεσης
- Κατηγορίες Τεχνικών Συμπίεσης
- Τεχνικές Εντροπίας
- Κωδικοποίηση Πηγής
- ★ Υβριδικές Τεχνικές Συμπίεσης

Γενικά στοιχεία για το MPEG



- ◇ Χρησιμοποιείται για βίντεο και ήχο
- ◇ Διάφορα MPEG πρότυπα (MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, MPEG-7, MPEG-21)
- ◇ Το MPEG-1 επιτυγχάνει ρυθμούς της τάξης των 1.2 Mbits/sec (τυπικός ρυθμός δεδομένων για CD-ROMs), ενώ το MPEG-2 ρυθμούς της τάξης των 40 Mbits/sec (τυπικός ρυθμός δεδομένων για HDTV)
- ◇ Βασίζεται στα πρότυπα JPEG και H.261
- ◇ Είναι κατάλληλο τόσο για συμμετρική όσο και ασύμμετρη συμπίεση
 - ◇ Η ασύμμετρη συμπίεση (asymmetric compression) απαιτεί μεγαλύτερο χρόνο κατά τη διάρκεια της κωδικοποίησης παρά της αποκωδικοποίησης. Η συμπίεση γίνεται μία φορά, ενώ η αποσυμπίεση πολλές φορές (βλ. συστήματα ανάκλησης πληροφοριών)
 - ◇ Η συμμετρική συμπίεση (symmetric compression) απαιτεί ίσο χρόνο για κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση. Οι εφαρμογές διαλογικού τύπου κάνουν χρήση αυτής της μεθόδου