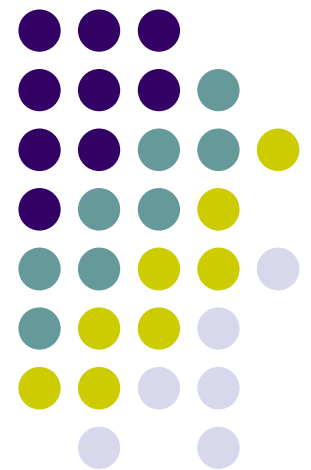


Συμπύεση και Μετάδοση Πολυμέσων: Μέσα Επικοινωνίας και Μέτρηση Πληροφορίας



Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας
Τηλεπικοινωνιών

Ευάγγελος Α. Κοσμάτος





Ορισμός Επικοινωνίας (1)

- Με τη λέξη επικοινωνία εννοούμε το μηχανισμό μέσω του οποίου υπάρχουν και αναπτύσσονται οι ανθρώπινες σχέσεις – **όλα τα σύμβολα του νου**, μαζί με τα **μέσα μεταβίβασης τους στο χώρο και διατήρησής τους στο χρόνο**
Cooley (1909)
- Η επικοινωνία περιλαμβάνει την έκφραση του προσώπου, τη στάση και τη χειρονομία, τους τόνους της φωνής, τις λέξεις, τη γραφή, την τυπογραφία, τους σιδηροδρόμους, τον τηλεγράφο, το τηλέφωνο και οποιοδήποτε άλλο πρόσφατο επίτευγμα στην κατάκτηση του χώρου και του χρόνου
Cooley (1909)



Ορισμός Επικοινωνίας (2)

- Η επικοινωνία είναι μια από εκείνες τις ανθρώπινες δραστηριότητες που ο καθένας αναγνωρίζει, αλλά ελάχιστοι μπορούν να την ορίσουν ικανοποιητικά. Από μια άποψη αυτό οφείλεται στην **πολυσημία** του όρου «επικοινωνία». Μπορεί να σημαίνει συνεννόηση, πληροφόρηση, σχέση, μετάδοση, ψυχική επαφή ακόμα και διαφημιστική εκστρατεία. Μπορεί να συντελείται μέσα από ποικιλία μέσων όπως το βιβλίο και η εφημερίδα, το ραδιόφωνο ή η τηλεόραση, ο κινηματογράφος, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής και το Διαδίκτυο.
Fiske (1989)
- «Επικοινωνία» είναι οι τρόποι έκφρασης που κάθε κοινότητα προσφέρει στα μέλη της, έχει δηλαδή σχέση με το κυρίαρχο γνωστικό σύστημα και τη θεώρηση του «κόσμου» του «εγώ» και του «άλλου»
Κωνσταντοπούλου (1995)

Τι συντελεί στην επικοινωνία



- Βασικές προσεγγίσεις
 - οι πληροφοριακοί και οι μηχανικοί τηλεπικοινωνιών μελετούν την επικοινωνία ως **διαδικασία μεταφοράς ενός σήματος** πάνω στο οποίο βρίσκεται κωδικοποιημένη πληροφορία.
 - οι ανθρωπολόγοι και κοινωνιολόγοι βλέπουν την επικοινωνία ως **αμοιβαία ανάπτυξη νοημάτων** μεταξύ των μελών μιας κοινωνικής ομάδας
- Άξονες ανάλυσης του φαινομένου της επικοινωνίας
 - Ο μηχανικός βλέπει την πληροφορία ως «**πληροφορία για την πραγματικότητα**» και ενδιαφέρεται να την μεταφέρει αποτελεσματικά και αποδοτικά.
 - Ο ανθρωπολόγος ενδιαφέρεται για τα **κοινά νοήματα** που διαμορφώνονται στα πλαίσια της κοινωνικής συνδιαλλαγής και μελετά την επικοινωνία ως μηχανισμό ανάπτυξής τους.



Μέσα Επικοινωνίας (1)

- Μέσο (medium)
 - Έννοια κλειδί στη μελέτη της επικοινωνίας
 - Μπορεί να περιγραφεί ως ένα ολοκληρωμένο σύστημα (φυσικό ή τεχνητό) που μεσολαβεί μεταξύ των συμμετεχόντων στην επικοινωνία, ώστε να μεταφέρονται από και προς αυτούς τα αισθητηριακά ερεθίσματα που αποτελούν στοιχεία της επικοινωνίας.
- Μέσα επικοινωνίας: με τη χρήση τους ο άνθρωπος έρχεται σε επαφή με τον κόσμο, δηλαδή δέχεται και στέλνει πληροφορίες από και προς το περιβάλλον του. Παραδείγματα μέσων:
 - Τυπογραφία (έντυπο μέσο)
 - Ραδιόφωνο και τηλεόραση (ηλεκτρονικά μέσα)
 - Κινηματογράφος και θέατρο
 - Ανθρώπινο νευρικό σύστημα και ανθρώπινη ομιλία
 - Διαδίκτυο (Internet)



Μέσα Επικοινωνίας (2)

- Τα μέσα διαμεσολαβούν την εμπειρία μας με τον κόσμο
 - κάθε πληροφορία που μπορεί να διαθέτει ένας άνθρωπος για τον κόσμο προέρχεται από τη χρήση κάποιου μέσου
 - ο τρόπος διαχείρισης των πληροφοριών από ένα μέσο (π.χ. η επιλογή, κωδικοποίηση, μετάδοση και έμφασή τους) μορφοποιεί μια εικόνα του κόσμου που μεταφέρει και ενισχύει το μέσο στον άνθρωπο-δέκτη.
- Βασικές κατηγορίες μέσων
 - **Παραστατικά μέσα** (π.χ. φωνή, πρόσωπο, σώμα). Προϋποθέτουν την παρουσία του πομπό-επικοινωνού αφού αυτός ουσιαστικά είναι το μέσο.
 - **Αναπαραστατικά μέσα** (π.χ. βιβλία, πίνακες ζωγραφικής, φωτογραφία, γραπτός λόγος, αρχιτεκτονική κ.α.). Παράγουν έργα επικοινωνίας στα οποία μπορούν να εγγραφούν τα παραστατικά μέσα. Είναι ανεξάρτητα από τον πομπό-επικοινωνό.
 - **Μηχανικά μέσα** (π.χ. τηλέφωνο, ραδιόφωνο, τηλεόραση, υπολογιστής, διαδίκτυο). Υλοποιούνται με σύνθετες μηχανές και μπορούν να μεταδώσουν προϊόντα επικοινωνίας των παραστατικών και αναπαραστατικών μέσων.

Βασικές Έννοιες



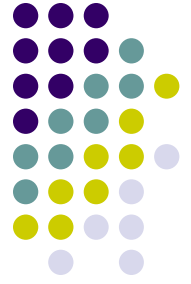
- Μέσο (medium)
 - αναφέρεται στο τεχνολογικό σύστημα (π.χ. βιβλίο, υπολογιστής κλπ.)
- Τρόπος αναπαράστασης (mode / mode of presentation)
 - αναφέρεται στο συμβολικό σύστημα που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση της πληροφορίας (π.χ. γραπτός λόγος, εικόνα, σχεδιάγραμμα, δυναμική προσομοίωση)
- Τροπικότητα (modality)
 - αναφέρεται στο κανάλι επεξεργασίας της πληροφορίας που χρησιμοποιεί ο δέκτης για να επεξεργαστεί την πληροφορία (π.χ. ακουστικό κανάλι, οπτικό κανάλι)
- Υπάρχουν μέσα που χρησιμοποιούν διαφορετικούς τρόπους αναπαράστασης και απευθύνονται σε διαφορετικές τροπικότητες
 - Κείμενο σε βιβλίο: οπτικό-λεκτικό υλικό
 - Αφήγηση σε υπολογιστή: ακουστικό-λεκτικό υλικό
 - Εικόνα σε βιβλίο: οπτικό-μη λεκτικό υλικό



Μοντέλα Επικοινωνίας

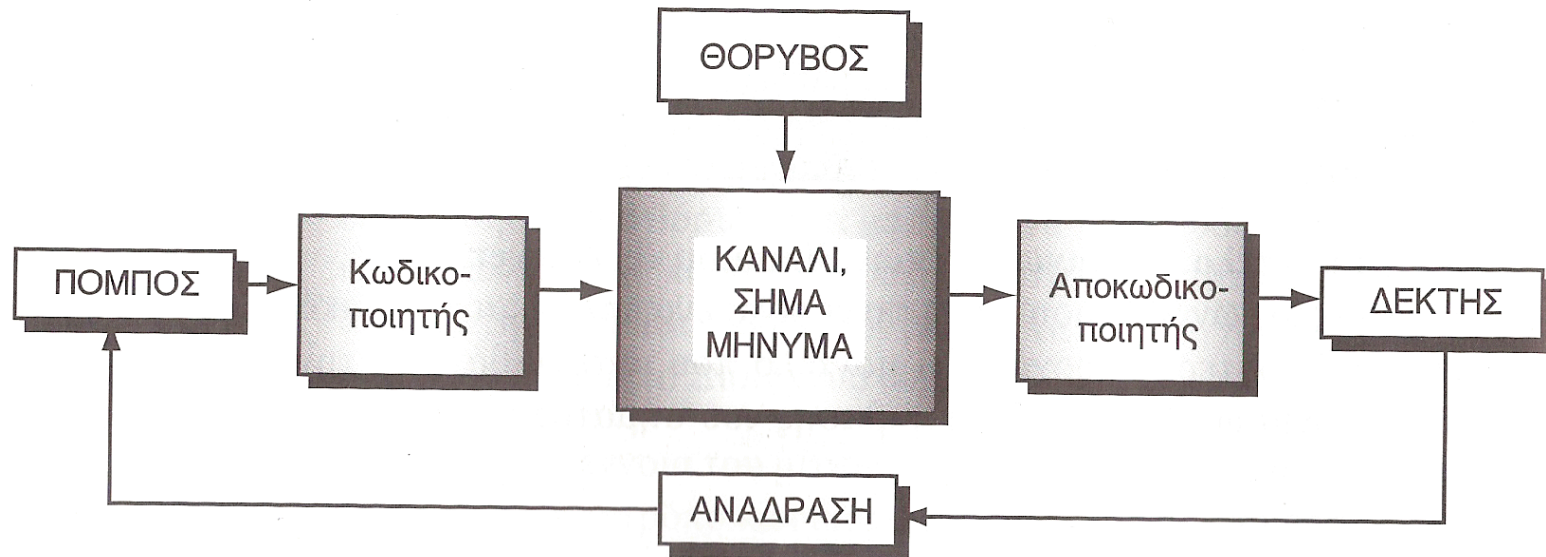
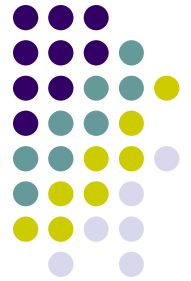
- Χρησιμότητα ενός μοντέλου
 - Ένα μοντέλο είναι σαν χάρτης: επιλέγει ορισμένα χαρακτηριστικά στοιχεία ενός συστήματος και προβάλλει τις σχέσεις τους. Το μοντέλο συνήθως δεν φιλοδοξεί να περιγράψει στην πληρότητά του ένα σύστημα αλλά κύρια προσπαθεί να βοηθήσει στην κατανόηση μιας όψης της συμπεριφοράς ή λειτουργίας του συστήματος.
- Μοντέλο επικοινωνίας των Shannon & Weaver
 - Απλό μοντέλο που αντιλαμβάνεται την επικοινωνία ως λειτουργία διαβίβασης του σήματος που περιέχει κωδικοποιημένο το μήνυμα.
 - Προτάθηκε από τους Claude Shannon και Warren Weaver (Shannon & Weaver, 1949) και αποτελεί βασικό στοιχείο της Θεωρίας Πληροφοριών (Information Theory).
 - Χρησιμοποιείται και σε θέματα ανθρώπινης επικοινωνίας

Μοντέλο Επικοινωνίας Shannon & Weaver



- Βασική ιδέα
 - Κατά της επικοινωνία ο πομπός (πηγή πληροφορίας) μετατρέπει το μήνυμα σε κωδικοποιημένο σήμα (μέσω του κωδικοποιητή) και το εκπέμπει στο κανάλι.
 - Το σήμα ταξιδεύει στο κανάλι, φτάνει στον δέκτη και αποκωδικοποιείται από τον αποκωδικοποιητή.
 - Κατά τη μετάδοση είναι δυνατόν το σήμα να αλλοιωθεί από την ύπαρξη θορύβου στο κανάλι.
 - Είναι δυνατόν να υπάρχει αντίστροφη μεταφορά πληροφορίας από τον δέκτη προς το πομπό (ανάδραση)

Μοντέλο Επικοινωνίας Shannon & Weaver



Πηγή πληροφορίας - Κωδικοποιητής



- Πηγή πληροφορίας: κάθε επικοινωνία περιλαμβάνει μια πηγή («πηγή πληροφορίας» - (information source) σύμφωνα με την ορολογία των Shannon & Weaver) και ξεκινά με κάποιο σκοπό.
- Κωδικοποιητής (coder): Η αποστολή του κωδικοποιητή είναι να παραλάβει την ιδέα της πηγής και να της δώσει συγκεκριμένη μορφή χρησιμοποιώντας τον διαθέσιμο κώδικα.
- Ο κώδικας (code): είναι ένα σύστημα σημείων με τα οποία κωδικοποιείται το μήνυμα και μετατρέπεται σε σήμα. Κώδικες είναι η ανθρώπινη γλώσσα, το αλφάβητο Μορς, τα σύμβολα «0» και «1» του δυαδικού συστήματος, η νοηματική γλώσσα, κλπ.



Το Μήνυμα

- Η μετάδοση του μηνύματος (message) είναι η ουσία της επικοινωνίας. Το μήνυμα είναι κάτι που αφορά αποκλειστικά την ανθρώπινη διάσταση της επικοινωνίας.
- Η μελέτη των τεχνικών απαιτήσεων για ικανοποιητική επίτευξη της επικοινωνίας δεν χρειάζεται να λαμβάνει υπόψη της το μήνυμα.
 - το μοντέλο των Shannon & Weaver δεν μελετά καθόλου τη μετάδοση του μηνύματος ή, σωστότερα, θεωρεί πως η μετάδοση του μηνύματος επιτυγχάνεται με τη μετάδοση του σήματος.
- Η απλοποιημένη αυτή θέση έχει δεχτεί σημαντικές επικρίσεις αφού τα μηνύματα έχουν νοήματα που προκύπτουν από τη συσχέτισή τους με άλλες φυσικές ή νοητικές διαστάσεις του πραγματικού κόσμου άσχετες με τα μηχανικά προβλήματα μετάδοσης της πληροφορίας.
 - πολιτισμικό πλαίσιο
 - υποθέσεις που κάνει ο καθένας
 - προηγούμενες εμπειρίες



Το Κανάλι

- Το κανάλι (channel) πρόκειται για εκείνο το υλικό σώμα μέσα από το οποίο μεταδίδεται το σήμα για να φτάσει από το πομπό στο δέκτη.
 - ομιλία: κανάλι επικοινωνίας ο αέρας
 - ραδιόφωνο, τηλεόραση: κανάλι επικοινωνίας τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που μεταφέρουν το κωδικοποιημένο μήνυμα
 - οπτική ίνα, ομοαξονικό καλώδιο: κανάλια επικοινωνίας σε διαφορετικά μέσα
- Κατά τη διάρκεια μιας μετάδοσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλά κανάλια ώστε να μεταδοθεί το σήμα από το πομπό στο δέκτη
 - VoIP: μιλάτε στο μικρόφωνο -> διαδίκτυο -> ηχεία υπολογιστή του συνομιλητή σας
 - κανάλια: αέρας, ηλεκτρικά κυκλώματα, τηλεφωνικά καλώδια, οπτικές ίνες



Φυσικός Θόρυβος

- Ο **θόρυβος** (noise) είναι κάθε ανεπιθύμητη και παραμορφωτική αλλαγή στη μορφή του σήματος καθώς αυτό μεταδίδεται μέσα στο κανάλι
- Παραδείγματα φυσικού θορύβου
 - ο θόρυβος ενός αυτοκινήτου που παρεμποδίζει τη συζήτησή μας
 - ένα παιδί μπροστά στη τηλεόραση
 - υγρασία επάνω στον υαλοπίνακα του αυτοκινήτου
 - «χιόνι» στην εικόνα της τηλεόρασης
 - «μπλέξιμο» τηλεφωνικών γραμμών

Σημασιολογικός Θόρυβος - Ο ρόλος του Αποκωδικοποιητή



- Θόρυβος που παρουσιάζει ίσως μεγαλύτερο ενδιαφέρον από το φυσικό θόρυβο γιατί έχει να κάνει όχι με την κατάσταση του σήματος αλλά με τη δυνατότητα αποκωδικοποίησής του.
- Για να είναι επιτυχής η επικοινωνία πρέπει να υπάρχει στην πλευρά του δέκτη ένας **αποκωδικοποιητής** (decoder) που να «μεταφράζει» το σήμα σε μορφή κατανοήσιμη από τον δέκτη.
- Αλλιώς το μήνυμα δεν γίνεται αντιληπτό. Το είδος αυτό του θορύβου που οφείλεται στην αδυναμία κατάλληλης αποκωδικοποίησης ονομάζεται **σημασιολογικός θόρυβος** (semantic noise).
- Ο σημασιολογικός θόρυβος εμφανίζεται και στην ανθρώπινη αλλά και στην επικοινωνία των μηχανών.
 - αρχείο mp3 στο CD player του αυτοκινήτου
- Ο σημασιολογικός θόρυβος είναι δυσκολότερο να αντιμετωπιστεί στην ανθρώπινη επικοινωνία καθώς τις περισσότερες φορές οφείλεται σε πολιτισμικές διαφορές μεταξύ πομπού και δέκτη, διαφορές που είναι δύσκολο να εξαλειφθούν σε μικρό χρονικό διάστημα.
 - οι εμπειρίες, οι στάσεις, οι προκαταλήψεις των συμμετεχόντων



Ο Δέκτης

- Ο δέκτης (receiver) πρέπει να είναι σύστημα ομόλογο του πομπού, δηλαδή να περιλαμβάνει συστήματα ανάλογα που να μπορούν να αποκωδικοποιούν και να επεξεργάζονται με παρόμοιο τρόπο την πληροφορία.
 - π.χ. ένας υπολογιστής επικοινωνεί με έναν υπολογιστή και όχι με ένα ραδιόφωνο. Στην άλλη άκρη μιας τηλεφωνικής γραμμής βρίσκεται επίσης ένα τηλέφωνο και όχι μια τηλεοπτική συσκευή.
- Η απαίτηση για τον ομόλογο των τερματικών συσκευών δεν πρέπει να εστιάζεται στα εξωτερικά χαρακτηριστικά αλλά στην ικανότητα των τερματικών συσκευών να αποκωδικοποιούν την πληροφορία ακολουθώντας τα ίδια πρωτόκολλα.
 - Μεγάλος βαθμός σύγκλησης της πληροφορίας
 - π.χ. αποστολή email από κινητό τηλέφωνο



Ανάδραση

- Κατά την επικοινωνία η ανάδραση (feedback) είναι η δυνατότητα να επιστρέφει ο δέκτης πληροφορίες στον πομπό και να τον ενημερώνει για την πορεία της επικοινωνίας.
- Η ανάδραση υλοποιείται με την ύπαρξη ενός ακόμη καναλιού που επιτρέπει στον δέκτη να επιστρέφει στον πομπό χαρακτηριστικές πληροφορίες που τον ενημερώνουν για την εξέλιξη της επικοινωνίας.
- Π.χ. όταν μιλάμε με κάποιον δεχόμαστε ανάδραση από τις κινήσεις του (π.χ. των χεριών), τις εκφράσεις του προσώπου του (που μπορεί να υποδουλώνουν ενδιαφέρον, άγνοια, βαρεμάρα) και μικρές λέξεις που μπορεί να χρησιμοποιεί.
- Στην απλούστερη μορφή της «ανάδραση» σημαίνει ότι μια συμπεριφορά ελέγχεται σε σχέση με το αποτέλεσμα της και η επιτυχία ή αποτυχία αυτού του αποτελέσματος επηρεάζει τη μελλοντική μορφή της συμπεριφοράς
Norbert Wiener (1958)

Κριτική του μοντέλου Shannon-Weaver



- Πρόκειται για ένα απλό μοντέλο. Περιλαμβάνει ότι είναι απολύτως απαραίτητο για να υπάρξει επικοινωνία εστιάζοντας στη μηχανική πλευρά του φαινομένου.
- Στη βασική του μορφή πρόκειται για γραμμικό μοντέλο. Περιγράφει την επικοινωνία ως μονοδιάστατη διαδικασία με πορεία από τον πομπό προς το δέκτη.
- Ταυτίζει τη μετάδοση του μηνύματος με τη μετάδοση του σήματος. Θεωρεί πως η μετάδοση του σήματος συνεπάγεται και επιτυχή μετάδοση του μηνύματος αφού ο δέκτης το μόνο που έχει να κάνει είναι να αποκωδικοποιήσει το μήνυμα.
 - Δεν είναι ορθό σε κάθε περίπτωση αφού οι μηχανισμοί μετάδοσης μηνυμάτων και ανάπτυξης νοημάτων επηρεάζονται από το κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο



Μέτρηση Πληροφορίας

- Μοντέλο Shannon-Weaver
 - «πηγή πληροφορίας»: ένα σύστημα που εκπέμπει πληροφορία με τη μορφή σημάτων που μπορούν να προσληφθούν και να αποκωδικοποιηθούν από έναν κατάλληλο δέκτη
- Τι είναι «πληροφορία» και πως μπορούμε να την μετρήσουμε;
 - για να αποτελεί κάτι «πληροφορία» θα πρέπει να μπορεί να το αντιλαμβάνεται ο δέκτης
 - να γίνεται αισθητό από τον αισθητήριο μηχανισμό του και
 - να μπορεί να το αποκωδικοποιεί σωστά και να αντιλαμβάνεται έτσι το νόημά του.
- Βασική ιδέα:
 - η «αξία» μιας πληροφορίας συνδέεται με την αβεβαιότητα που αίρει.



Μέτρηση Πληροφορίας - Παράδειγμα

- Στρίβουμε ένα νόμισμα και θέλουμε να απαντήσουμε στο ερώτημα: «τι έφερε το νόμισμα, κορώνα ή γράμματα». Πότε είναι πιο δύσκολη η απάντηση;
 - όταν το νόμισμα είναι γνήσιο και επομένως τα γεγονότα «κορώνα» και «γράμματα» είναι ισοπίθανα;
 - όταν το νόμισμα είναι επηρεασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να εμφανίζονται «γράμματα» με πιθανότητα 0.9 και «κορώνα» με πιθανότητα 0.1
- Στην πρώτη περίπτωση περιμένει κανείς να βρίσκει τη σωστή απάντηση στις μισές από τις δοκιμές που κάνει ενώ στη δεύτερη μπορεί να απαντά σωστά 9 στις 10 φορές.
- Η αβεβαιότητά μας σχετικά με το αποτέλεσμα και επομένως η πληροφορία που πρέπει να διαθέσουμε για να δώσουμε τη σωστή απάντηση είναι μεγαλύτερη στην πρώτη περίπτωση.

Μαθηματική Έκφραση για τον υπολογισμό της πληροφορίας (1)



- Αν E είναι ένα γεγονός που εμφανίζεται με πιθανότητα $P(E)$ η ποσότητα που μετρά την πληροφορία θα πρέπει να είναι αντίστροφα ανάλογη με την πιθανότητα να συμβεί αυτό το γεγονός.
- Ορίζουμε ως **πληροφορία** που παίρνουμε, όταν συμβαίνει αυτό το γεγονός, την ποσότητα:

$$I(E) = \log \frac{1}{P(E)}$$

- Η συνάρτηση I ορίζεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να αυξάνει όταν η πιθανότητα του γεγονότος μειώνεται

Μαθηματική Έκφραση για τον υπολογισμό της πληροφορίας (2)



- Ακόμη γίνεται χρήση της λογαριθμικής συνάρτησης, ώστε η συνάρτηση I να εμφανίζει την προσθετική ιδιότητα.
 - Αν δύο γεγονότα A & B είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και εμφανίζονται με πιθανότητας $P(A)$ και $P(B)$ αντίστοιχα, τότε αν συμβούν και τα δύο γεγονότα AB η πληροφορία $I(AB)$ θα πρέπει να είναι $I(A)+I(B)$

$$\begin{aligned} I(AB) &= \log \frac{1}{P(AB)} = \log \frac{1}{P(A) * P(B)} = \log \left(\left(\frac{1}{P(A)} \right) * \left(\frac{1}{P(B)} \right) \right) = \\ &= \log \left(\frac{1}{P(A)} \right) + \log \left(\frac{1}{P(B)} \right) = I(A) + I(B) \end{aligned}$$

- Η βάση του λογάριθμου καθορίζει και τη μονάδα της πληροφορίας.
 - π.χ. αν βάση το 2, μονάδα το bit



Εντροπία (1)

- Υπολογισμός της πληροφορίας μιας πηγής όταν αυτή εκπέμπει κάποιο σύμβολο
- Έχουμε πηγή που εκπέμπει κάποιο από τα N διαθέσιμα διαφορετικά σύμβολα
 - Αλφάβητο της πηγής: $N\{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_N\}$
- Όταν εκπέμπεται ένα σύμβολο a_i :

$$I(a_i) = \log \frac{1}{P(a_i)}$$

- Πολλαπλασιάζοντας την πιθανότητα $P(a_i)$ να εμφανιστεί κάποιο σύμβολο a_i επί την πληροφορία που μεταφέρει και αθροίζοντας για όλα τα σύμβολα που μπορεί να εκπέμψει η πηγή, παίρνουμε την ποσότητα H_0 που παριστάνει την μέση τιμή εκπεμπόμενης πληροφορίας ανά σύμβολο της πηγής.

$$H_0 = \sum_{i=1}^N \left(P(a_i) * \log \frac{1}{P(a_i)} \right)$$



Εντροπία (2)

- Η ποσότητα H_0 ονομάζεται «**εντροπία**» (entropy) της πηγής μηδενικής μνήμης ή εντροπία πρώτης τάξης.
- Όταν ο λογάριθμος στον υπολογισμό της εντροπίας έχει βάση το 2, η εντροπία μετριέται σε **bits/σύμβολο**.

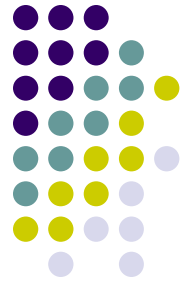
$$H_0 = \sum_{i=1}^N \left(P(a_i) * \log_2 \frac{1}{P(a_i)} \right)$$

- Μηδενική μνήμη: οι πιθανότητες εκπομπής των συμβόλων υπολογίζονται χωρίς να λαμβάνεται υπόψη τα προηγούμενα σύμβολα



Πρακτική σημασία της εντροπίας

- Η εντροπία της πληροφορίας εκφράζει το **βαθμό αβεβαιότητας** που χαρακτηρίζει την εκπομπή των συμβόλων μιας πηγής πληροφορίας και επομένως το πόσο οργανωμένο (ή ανοργάνωτο) εμφανίζεται το μήνυμα στον δέκτη.
- Υψηλή εντροπία σημαίνει μεγάλη αβεβαιότητα για το ποιο σύμβολο θα ακολουθήσει (π.χ. σύμβολα ισοπίθανα)
- Χαμηλή εντροπία σημαίνει πως η πηγή δεν έχει απόλυτη ελευθερία στην εκπομπή των συμβόλων και υπάρχουν κάποιοι κανόνες που καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο ακολουθούν τα σύμβολα το ένα το άλλο.
 - Ο δέκτης μπορεί να κάνει καλύτερες εκτιμήσεις για το τι θα εκπεμφθεί



Παράδειγμα εντροπίας

- Περίπτωση ρίψης ενός νομίσματος
- Αλφάβητο της πηγής: {Κ, Γ}
- Μήνυμα: μια σειρά ρίψεων του νομίσματος
 - π.χ. {...ΚΚΓΓΓΓΚΓΚΓΓΚΚΓΚΚΓΓΓΚΚΚ....}
- Πληροφορία του κάθε γεγονότος:

$$I(K) = \log \frac{1}{P(K)} \qquad I(\Gamma) = \log \frac{1}{P(\Gamma)}$$

- Αν το νόμισμα είναι γνήσιο είναι $P(K) = P(\Gamma) = 0.5$
 - $H_0 = 1$ bit/σύμβολο
- Αν το νόμισμα είναι κάλπικο είναι $P(K) = 0.9, P(\Gamma) = 0.1$
 - $H_0 = 0.47$ bit/σύμβολο



Εντροπία (3)

- Η εντροπία παίρνει τη μέγιστη τιμή της όταν τα εκπεμπόμενα σύμβολα της πηγής είναι ισοπίθανα.
- Αν έχουμε μια τέτοια πηγή που εκπέμπει N σύμβολα τότε η εντροπία υπολογίζεται από την σχέση:

$$H_{\max} = \log(N)$$



Πλεονασμός

- Αν H η εντροπία της πηγής και H_{\max} η μέγιστη τιμή της τότε ορίζουμε ως «πλεονασμό» της πηγής την ποσότητα:

$$R = \frac{H_{\max} - H}{H_{\max}} * 100\%$$

- Ο πλεονασμός εκφράζει ποσοστιαία την απόκλιση της πηγής από την κατάσταση μέγιστης εντροπίας. Όσο μικρότερη η εντροπία της πηγής από τη μέγιστη τιμή H_{\max} τόσο μεγαλύτερος ο πλεονασμός.



Πρακτική σημασία του πλεονασμού

- Ο πλεονασμός είναι ένας καθαρός αριθμός (ένα ποσοστό) που αποτελεί μέτρο των δεσμών (των κανόνων) που υφίστανται ανάμεσα στα σύμβολα.
- Μετρά το «πλεονάζον υλικό» που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση της πληροφορίας, ενώ με άλλη καλύτερη κωδικοποίηση θα μπορούσε το ίδιο μήνυμα να μεταφερθεί με οικονομικότερο τρόπο.
- Όταν η εντροπία είναι μεγάλη ο πλεονασμός είναι χαμηλός, κάτι που δείχνει πως δεν υπάρχει κάποιος καλύτερος τρόπος κωδικοποίησης για το μήνυμα: χρειαζόμαστε όλα τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται.
- Αντίστροφα αν ο πλεονασμός εμφανίζει υψηλότερη τιμή τότε το μήνυμα μπορεί να κωδικοποιηθεί αποδοτικότερα (δηλαδή να συμπιεσθεί) όταν η εντροπία είναι χαμηλή, δηλαδή υπάρχουν περιορισμοί στον τρόπο που η πηγή εκπέμπει τα σύμβολα.