

1^η Γραπτή Εργασία ΠΛΗ 23
Ακαδημαϊκό Έτος 2021-2022
(Τόμος Α΄, Κεφάλαια 1-3)
Ημερομηνία Παράδοσης 22/11/2021

Άσκηση 1

Στόχος:

Στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής ύλης του Α Τόμου, ο στόχος της άσκησης είναι να εξοικειωθεί ο/η φοιτητής/τρια:

- με τις έννοιες της μετάδοσης δεδομένων/πακέτων σε ευρυζωνικά δίκτυα,
- με την απόδοση δικτύων τηλεματικής

Απαραίτητες γνώσεις:

- Κεφάλαιο 1 του Τόμου Α.
- Κεφάλαιο 1 του ΕΔΥ του Τόμου Α: Ειδικά Θέματα Τηλεματικής.

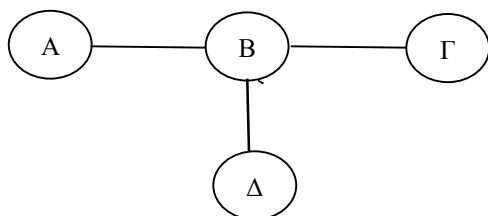
Υποθέτουμε την τοπολογία του σχήματος, όπου ο κόμβος Α συνδέεται με τον Δ μέσω του κόμβου Β, ενώ και ο κόμβος Γ συνδέεται με τον Δ μέσω του κόμβου Β. Η καθυστέρηση διάδοσης είναι $PROP_{AB}=4ms$, $PROP_{GB}=4ms$ και $PROP_{BD}=3ms$ για τις ζεύξεις ΑΒ, ΒΓ και ΒΔ, ενώ οι ρυθμοί μετάδοσης είναι $B_{AB}=100mbrps$, $B_{GB}=100mbrps$ και $B_{BD}=100mbrps$ για τις αμφίδρομες ζεύξεις ΑΒ, ΓΒ και ΒΔ αντίστοιχα. Κάθε κόμβος έχει ενδιάμεσο ενταμιευτή 2GB, ενώ το κάθε πακέτο προωθείται αμέσως μετά τη λήψη του από κάθε κόμβο και ο χρόνος επεξεργασίας σε κάθε ενδιάμεσο και τελικό κόμβο κατά τη λήψη είναι $T_{proc}=0,03912 ms$.

Ο κόμβος Α έχει να στείλει ένα αρχείο μεγέθους 2.544 bytes (20.352 bits) προς τον κόμβο Δ (το οποίο τεμαχίζεται σε πακέτα μήκους 512bits και στα οποία έχει προστεθεί αντίστοιχη επικεφαλίδα 128bits), ενώ κόμβος Α (προκειμένου να διαπιστώσει την κατάσταση της γραμμής) αποστέλλει τα πακέτα ανά ομάδες (group) κάθε 0,0081 sec από τον Α στον Β ακολουθώντας την κατανομή $2^{(n-1)}$ όπου ν ο αριθμός του Group αποστολής. Έτσι, την πρώτη φορά στέλνει $2^{(1-1)}=1$ πακέτο και μετά από 0,0081 sec (από την έναρξη αποστολής του προηγούμενου group) στέλνει το επόμενο group, δηλ. για το 2^ο group στέλνει $2^{(2-1)} = 2$ πακέτα και μετά από 0,0081 sec στείλει το επόμενο group κοκ. Το πρώτο πακέτο αποστέλλεται μετά από 0,01536 ms αφού έχει ξεκινήσει η μετάδοση του 1ου πακέτου από τον κόμβο Γ (βλ. παρακάτω).

Ο κόμβος Γ έχει να στείλει ροή δεδομένων βίντεο μεγέθους 4.560 bytes (36.480 bits) προς τον κόμβο Δ (η οποία τεμαχίζεται σε πακέτα μήκους 2048 bits και στα οποία έχει προστεθεί αντίστοιχη επικεφαλίδα 128bits). Για καθένα από τα πακέτα, που στέλνεται από τον κόμβο Γ στον Β, στέλνεται πακέτο επιβεβαίωσης από τον Β συνολικού μήκους 128bits πριν την αποστολή του επόμενου πακέτου από τον Γ προς τον Β.

Ο Κόμβος Β αποστέλλει τα πακέτα αμέσως μόλις τα λάβει προς τον κόμβο Δ, ωστόσο σε περίπτωση που έχει πακέτα και από τους δύο κόμβους να στείλει και προκειμένου να εξασφαλιστεί η συνεχής

ροή του βίντεο, τα πακέτα του κόμβου Γ έχουν προτεραιότητα έναντι εκείνων του Α. Για τη μετάδοση από τον κόμβο Β στον Δ δεν υπάρχουν επιβεβαιώσεις.



Να υπολογίσετε:

Ερώτηση 1

Μετά από πόσο χρόνο θα έχουν ληφθεί τα δεδομένα του κόμβου Α από τον Β?

Ερώτηση 2

Μετά από πόσο χρόνο θα έχει ληφθεί το 2^ο πακέτο ροής βίντεο (κόμβου Γ) από τον κόμβο Β?

Ερώτηση 3

Μετά από πόσο χρόνο θα έχουν ληφθεί το βίντεο (τα πακέτα του κόμβου Γ) από τον Β?

Ερώτηση 4

Μετά από πόσο χρόνο θα έχουν ληφθεί τα δεδομένα του κόμβου Α από τον Δ?

Ερώτηση 5

Μετά από πόσο χρόνο θα έχουν ληφθεί το βίντεο (τα πακέτα του κόμβου Γ) από τον Δ?

Άσκηση 2

Στόχος:

Στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής ύλης του Α Τόμου, ο στόχος της άσκησης είναι να εξοικειωθεί ο/η φοιτητής/τρια:

- με τη φιλοσοφία των δικτύων τηλεματικής που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά της πληροφορίας.
- με τη διαχείριση της πληροφορίας σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των δικτύων τηλεματικής.

Απαραίτητες γνώσεις:

- Κεφάλαιο 1 του Τόμου Α.
- Κεφάλαιο 1 του ΕΔΥ του Τόμου Α: Ειδικά Θέματα Τηλεματικής.

Ένα αστεροσκοπείο παράγει εικόνες υπερυψηλής ευκρίνειας από την παρατήρηση του διαστήματος. Κατά μέσο όρο, παράγονται 10 εικόνες κάθε λεπτό, ανάλυσης 15360×8640 pixel, και κάθε pixel κωδικοποιείται με 30 bit. Στο γειτονικό πανεπιστήμιο, το οποίο συνδέεται με το αστεροσκοπείο με μία ζεύξη 100 Mbps γίνεται η μελέτη και αρχειοθέτηση των ασυμπίεστων εικόνων. Για τη μεταφορά των εικόνων αντί της δικτυακής σύνδεσης χρησιμοποιείται αυτό που κατ' ευφημισμό ονομάζεται Sneakernet, δηλαδή ένας μεταπτυχιακός φοιτητής ο οποίος κάθε πρωί μεταφέρει με το βανάκι του από το αστεροσκοπείο στο πανεπιστήμιο 18 κούτες όπου κάθε μία περιέχει 6 USB stick χωρητικότητας 128 GByte το καθένα (κάποια USB stick δεν χρειάζεται να γεμίσουν πλήρως).

Ερώτηση 1

Αιτιολογήστε αριθμητικά γιατί χρησιμοποιείται το βανάκι και όχι το κανονικό δίκτυο μεταξύ του αστεροσκοπείου και του πανεπιστημίου και βρείτε το ρυθμό μεταφοράς δεδομένων που επιτυγχάνει σε Mbps.

Ερώτηση 2

Η ομάδα δικτύου του πανεπιστημίου προτείνει την αναβάθμιση της ζεύξης προκειμένου να γίνεται μέσω αυτής η μεταφορά των δεδομένων. Μετά από δοκιμές καθορίστηκε ότι λόγω παραγόντων όπως overhead και λοιπής κίνησης στη ζεύξη, μπορεί να επιτευχθεί throughput μεταφοράς πραγματικών δεδομένων στο 60% της ονομαστικής τιμής της ζεύξης. Υπολογίστε πόσα Mbps πρέπει να είναι η αναβαθμισμένη ζεύξη για να εξυπηρετήσει αυτόν το σκοπό.

Ερώτηση 3

Οι εικόνες συμπίεζονται με βαθμό συμπίεσης 100:1 και γίνονται ελεύθερα διαθέσιμες στο ίντερνετ από σέρβερ του πανεπιστημίου. Υπολογίστε την ελάχιστη ταχύτητα σύνδεσης που πρέπει να έχει ένας ερασιτέχνης αστρονόμος στο σπίτι του για να μπορεί να κατεβάζει το 10% από τη ροή των νεοεισερχόμενων εικόνων που αφορούν το κομμάτι του ουρανού που μελετά, αν το throughput ωφέλιμων δεδομένων που μπορεί να πετύχει είναι το 25% της ονομαστικής τιμής της σύνδεσής του.

Ερώτηση 4

Αν ο ερασιτέχνης αστρονόμος θέλει να αποθηκεύει τις εικόνες σε DVD των 4,7 GB το καθένα, πόσα DVD χρειάζεται ημερησίως;

Τα προθέματα (είτε αφορούν byte είτε bps) ορίζονται ως εξής:

1 K = 1000

1 M = 1000 K

1 G = 1000 M

Άσκηση 3

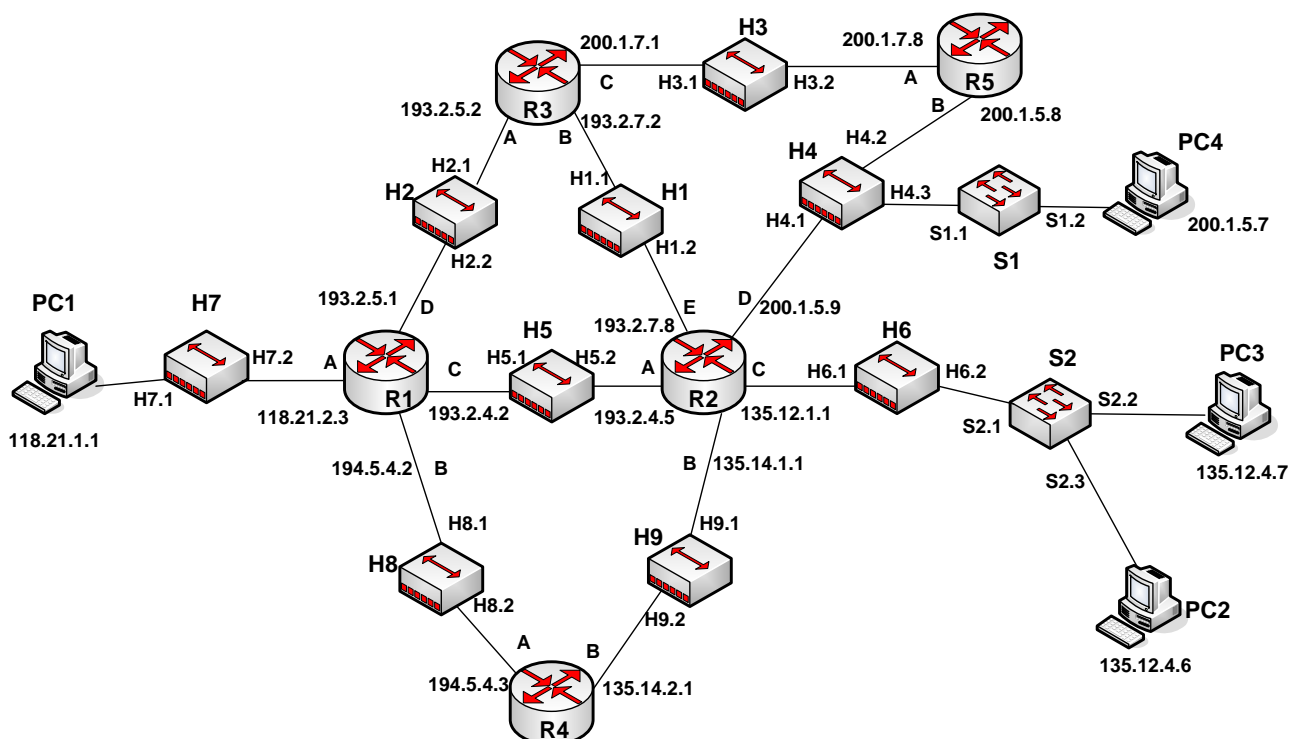
Στόχος:

- Η κατανόηση των βασικών εννοιών & των δικτύων της τηλεματικής και του υπολογισμού της μεταφερόμενης πληροφορίας.

Απαραίτητες γνώσεις:

- Κεφάλαιο 1 του Τόμου Α.
- Κεφάλαιο 1 του ΕΔΥ του Τόμου Α: Ειδικά Θέματα Τηλεματικής.

Δίνεται το παρακάτω δίκτυο, όπου R1, R2, R3, R4, R5 είναι δρομολογητές, S1, S2 είναι μεταγωγείς (switches), H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7, H8, H9 είναι απλοί αναμεταδότες (hubs) και PC1, PC2, PC3, PC4 είναι τελικοί κόμβοι.



Θεωρήστε ότι είμαστε στην αρχή της λειτουργίας του δικτύου και δεν έχουν ανταλλαγεί πακέτα μεταξύ των κόμβων του. Οι δρομολογητές έχουν πίνακες δρομολόγησης, όπου περιέχουν πληροφορίες μόνο για τα δίκτυα που είναι άμεσα συνδεδεμένα πάνω τους, ενώ οι πίνακες ανεύρεσης των μεταγωγέων είναι κενοί. Δεν έχουν οριστεί πουθενά VLANs. Η δρομολόγηση εκτελείται με τη χρήση του πρωτοκόλλου RIP.

Υπόδειξη: Ένας δρομολογητής συνδέει διαφορετικά τοπικά υποδίκτυα, επομένως κάθε σύνδεσμός του βρίσκεται σε διαφορετικό υποδίκτυο (broadcast domain) και κάθε εισερχόμενο πακέτο προωθείται μόνο προς την κατάλληλη έξοδο. Ένας αναμεταδότης συνενώνει τοπικά υποδίκτυα, δημιουργώντας ένα μεγαλύτερο, και άρα κάθε πακέτο μεταδίδεται προς όλες τις εξόδους. Ένας μεταγωγέας με πλήρη πίνακα ανεύρεσης θα προωθήσει ένα πακέτο μόνο προς την κατάλληλη έξοδο όπου βρίσκεται ο παραλήπτης. Το πρωτόκολλο RIP χρησιμοποιεί classful routing, οπότε οι μάσκες σε κάθε δρομολογητή είναι οι default για κάθε κλάση. Όταν σε έναν δρομολογητή φτάνει ένα

μήνυμα ενημέρωσης με ένα δρομολόγιο που ήδη υπάρχει στον δρομολογητή και αν προστεθεί θα έχει το ίδιο μέτρο με το υπάρχον, θεωρούμε ότι γίνεται αντικατάσταση.

Ερώτηση 1

Υπολογίστε τον πίνακα δρομολόγησης των R1 και R3, αν οι δρομολογητές ανταλλάσσουν μηνύματα ενημέρωσης με την ακόλουθη σειρά R1, R5, R2, R3 (πρώτος ο R1 στέλνει μηνύματα ενημέρωσης στους γείτονές του, δεύτερος στέλνει ο R5, τρίτος στέλνει ο R2 και τελευταίος ο R3).

Ερώτηση 2

Ξεκινώντας από την αρχική κατάσταση, υπολογίστε τον πίνακα δρομολόγησης των R2 και R4, αν οι δρομολογητές ανταλλάσσουν μηνύματα ενημέρωσης με την ακόλουθη σειρά R2, R5, R3, R1 (πρώτος ο R2 στέλνει μηνύματα ενημέρωσης στους γείτονές του, δεύτερος στέλνει ο R5, τρίτος στέλνει ο R3 και τελευταίος ο R1).

Ερώτηση 3

Ξεκινώντας από την αρχική κατάσταση, υπολογίστε τον πίνακα δρομολόγησης των R3 και R5, αν οι δρομολογητές ανταλλάσσουν μηνύματα ενημέρωσης με την ακόλουθη σειρά R3, R1, R4, R5, R2 (πρώτος ο R3 στέλνει μηνύματα ενημέρωσης στους γείτονές του, δεύτερος στέλνει ο R1, τρίτος στέλνει ο R4, τέταρτος στέλνει ο R5 και τελευταίος ο R2).

Ερώτηση 4

Έστω ότι οι πίνακες δρομολόγησης όλων των δρομολογητών βρίσκονται στην κατάσταση που προκύπτει αν ανταλλάγουν όλα τα μηνύματα ενημέρωσης με τη σειρά που καθορίζεται στο ερώτημα 1, ποια διαδρομή θα ακολουθηθεί αν ο PC1 στείλει ένα πακέτο προς τον PC4 και σε ποιους τελικούς κόμβους θα φτάσει (είτε το παραλάβουν για να το επεξεργαστούν είτε όχι).;

Ερώτηση 5

Έστω ότι οι πίνακες δρομολόγησης όλων των δρομολογητών βρίσκονται στην κατάσταση που προκύπτει αν ανταλλάγουν όλα τα μηνύματα ενημέρωσης με τη σειρά που καθορίζεται στο ερώτημα 2, ποια διαδρομή θα ακολουθηθεί αν ο PC2 στείλει ένα πακέτο προς τον PC4 και σε ποιους τελικούς κόμβους θα φτάσει (είτε το παραλάβουν για να το επεξεργαστούν είτε όχι).;

Ερώτηση 6

Έστω ότι οι πίνακες δρομολόγησης όλων των δρομολογητών βρίσκονται στην κατάσταση που προκύπτει αν ανταλλάγουν όλα τα μηνύματα ενημέρωσης με τη σειρά που καθορίζεται στο ερώτημα 3, ποια διαδρομή θα ακολουθηθεί αν ο PC3 στείλει ένα πακέτο προς τον PC1 και σε ποιους τελικούς κόμβους θα φτάσει (είτε το παραλάβουν για να το επεξεργαστούν είτε όχι).;

Άσκηση 4

Στόχος:

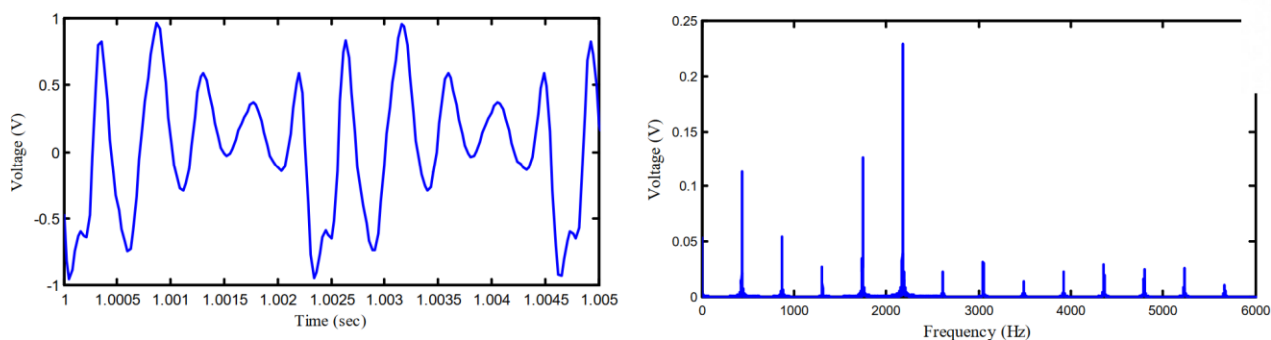
Στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής ύλης του Α Τόμου, ο στόχος της άσκησης είναι να εξοικειωθεί ο/η φοιτητής/τρια:

- με τη φιλοσοφία των δικτύων τηλεματικής που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά της πληροφορίας.
- με τη διαχείριση της πληροφορίας σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των δικτύων τηλεματικής.

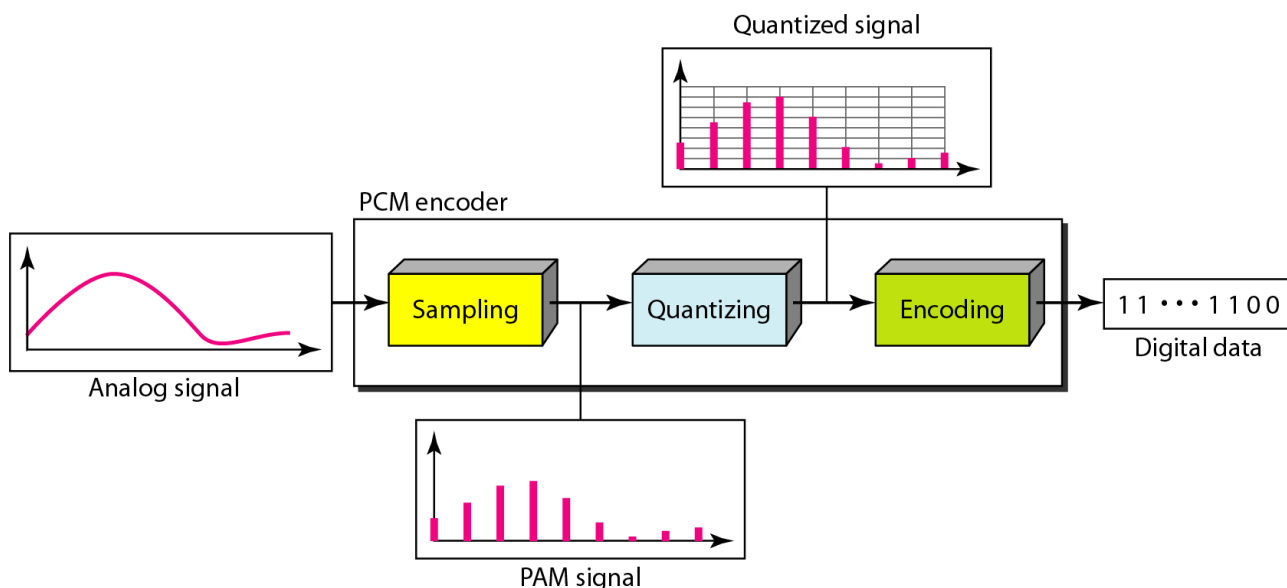
Απαραίτητες γνώσεις:

- Κεφάλαιο 1 του Τόμου Α.
- Κεφάλαιο 1 του ΕΔΥ του Τόμου Α.

Έστω ότι μας ενδιαφέρει να ψηφιοποιήσουμε το βαθυπερατό αναλογικό σήμα ενός μουσικού οργάνου (όμποε), του οποίου το περιεχόμενο (στο πεδίο του χρόνου και στο πεδίο της συχνότητας, αντίστοιχα) αναπαρίσταται στα δύο παρακάτω διαγράμματα.



Συγκεκριμένα, το σήμα αυτό διέρχεται από τα τρία στάδια ενός μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (analog-to-digital converter ή ADC) ώστε να ψηφιοποιηθεί (βλ. παρακάτω σχήμα): δειγματοληψία, (ομοιόμορφη) κβάντιση (ή κβαντισμός) και κωδικοποίηση.



Επιθυμούμε το μέγιστο σφάλμα κβάντισης να είναι το πολύ ίσο με 0.04 V.

Δεδομένα:

- Στα βαθυπερατά σήματα, ο λεγόμενος ρυθμός Nyquist ορίζεται ως το 2πλάσιο του εύρους ζώνης τους και αντιστοιχεί στον ελάχιστο ρυθμό δειγματοληψίας που είναι απαραίτητος προκειμένου να μπορεί να ανακατασκευαστεί πλήρως το αναλογικό σήμα στο δέκτη.
- Βήμα κβάντισης ή απλά κβάντο καλείται η απόσταση μιας στάθμης από τη γειτονική της.
- Με βάση το θεώρημα του Shannon, η χωρητικότητα (μέγιστος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων) ενός καναλιού δίδεται από τον τύπο:

$$C = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

όπου:

- C ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων στο κανάλι (bps)
 - B το εύρος ζώνης του καναλιού (Hz)
 - S/N ο λόγος σήματος (S) προς θόρυβο (N) (αδιάστατο μέγεθος) ή αλλιώς SNR (Signal-to-Noise Ratio)
- Μετατροπή αδιάστατου μεγέθους x σε dB: $x_{dB} = 10 \cdot \log_{10}(x)$
 - 1 KB = 1024 bytes
 - 1 KHz = 1000 Hz

Ερώτηση 1

Σύμφωνα με τα διαγράμματα, ποια είναι η μέγιστη συχνότητα που φαίνεται να υπάρχει στο σήμα;

Ποιος είναι ο ελάχιστος ρυθμός δειγματοληψίας που θα πρέπει να επιλέξετε, προκειμένου να είναι εφικτή η ακριβής ανακατασκευή του σήματος βάσει των δειγμάτων;

Υπόδειξη: Θεωρείστε ότι το σήμα είναι βαθυπερατό.

Ερώτηση 2

Ποιος είναι ο ρυθμός δεδομένων (σε bits/sec και σε bytes/sec) που παράγονται από τον ADC;

Ερώτηση 3

Εάν ο επιλεγμένος ρυθμός δειγματοληψίας είναι 44100 Hz (CD Quality) αντί εκείνου που υπολογίσατε στην Ερώτηση 1, ποιος είναι ο ρυθμός δεδομένων (σε bits/sec) που παράγονται από τον ADC;

Επίσης, αν χρησιμοποιηθούν 16 bits/δείγμα αντί του πλήθους που υπολογίσατε στην Ερώτηση 2, τότε ποιος είναι ο ρυθμός δεδομένων (σε bits/sec και σε bytes/sec) που παράγονται από τον ADC;

Ερώτηση 4

Υπόδειξη: Για το ερώτημα αυτό, βασιστείτε στην τελική σας απάντηση από την Ερώτηση 3.

Προτού αποθηκευτούν σε έναν οπτικό δίσκο, τα δεδομένα διέρχονται από έναν κωδικοποιητή τύπου Cross-interleaved Reed-Solomon Code (Circ), ο οποίος εφαρμόζει έναν κώδικα τύπου μπλοκ. Ο κώδικας που χρησιμοποιείται είναι ο Reed-Solomon RS(32,24), που χρησιμοποιεί κωδικές λέξεις των 32 bytes εκ των οποίων 24 bytes είναι bytes (πραγματικών) δεδομένων και τα υπόλοιπα είναι πλεονάζοντα. Ποιος είναι ρυθμός (σε bytes/sec) στην έξοδο του κωδικοποιητή Circ;

Ερώτηση 5

Έστω ότι το σήμα μετά την έξοδο του κωδικοποιητή Circ θα αποσταλεί σε δέκτη μέσω καναλιού περιορισμένου εύρους ζώνης. Ο λόγος σήματος προς θόρυβο (Signal-to-Noise Ratio – SNR) δίδεται ίσος με 12 dB. Πόσο πρέπει να είναι κατ' ελάχιστον το εύρος ζώνης του καναλιού ούτως ώστε να είναι εφικτή η μετάδοση;

Ερώτηση 6

Ποιος είναι ο απαιτούμενος λόγος συμπίεσης του ρυθμού δεδομένων του ADC εάν το εύρος ζώνης του χρησιμοποιούμενου καναλιού μετάδοσης περιορίζεται στα 100 KHz;

Υπόδειξη: Θεωρείστε ότι το σύστημα συμπίεσης θα παρεμβληθεί μεταξύ του μετατροπέα ADC και του κωδικοποιητή Circ.

Κριτήρια αξιολόγησης

Άσκηση 1 (Σύνολο)	25
Ερώτηση 1	4
Ερώτηση 2	4
Ερώτηση 3	5
Ερώτηση 4	6
Ερώτηση 5	6
Άσκηση 2 (Σύνολο)	25
Ερώτηση 1	10
Ερώτηση 2	5
Ερώτηση 3	5
Ερώτηση 4	5
Άσκηση 3 (Σύνολο)	25
Ερώτηση 1	5
Ερώτηση 2	5
Ερώτηση 3	6
Ερώτηση 4	3
Ερώτηση 5	3
Ερώτηση 6	3

Άσκηση 4 (Σύνολο)	25
Ερώτηση 1	2
Ερώτηση 2	6
Ερώτηση 3	4
Ερώτηση 4	4
Ερώτηση 5	4
Ερώτηση 6	5
ΣΥΝΟΛΟ	100

Ο συνολικός βαθμός θα διαιρεθεί δια 10, ώστε να προκύψει ο τελικός βαθμός της εργασίας.

Υπόδειξη: Στις απαντήσεις που θα αποστείλετε θα πρέπει **υποχρεωτικά** να υποβάλετε **μόνο** τις απαντήσεις των ερωτημάτων και όχι την εκφώνησή τους.