ePublishing

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Vol 1 (2011)

2ο Πανελλήνιο Συνέδριο: «Ένταξη και χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»

Ψηφιακές τηλεπικοινωνίες και Ραδιοερασιτεχνισμός

Κ. Γιαννόπουλος

To cite this article:

Γιαννόπουλος Κ. (2023). Ψηφιακές τηλεπικοινωνίες και Ραδιοερασιτεχνισμός. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 1311–1326. Retrieved from https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/4887

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 22/02/2026 02:46:52

Ψηφιακές τηλεπικοινωνίες και Ραδιοερασιτεχνισμός

Κ. Γιαννόπουλος, SW3ORA

Ερευνητικό Ακαδημαϊκό Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών, giannopk@cti.gr
Μέλος της Ένωσης Ραδιοερασιτεχνών Δυτικής Πελοποννήσου

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εισήγησης είναι η παρουσίαση και ανάλυση των ψηφιακών τηλεπικοινωνιών με τη βοήθεια απλών παραδειγμάτων ψηφιακών επικοινωνιών που χρησιμοποιούνται από τους ραδιοερασιτέχνες. Στην εργασία αναλύονται οι βασικές έννοιες των ψηφιακών τηλεπικοινωνιών μέσα από τους τρόπους επικοινωνίας του Packet Radio, του CW, του CDW, του RTTY, του PSK31, του APRS και του DSTAR.

Λέξεις κλειδιά: *Ψηφιακές τηλεπικοινωνίες, Ραδιοερασιτεχνισμός.*

1. Σύγκριση αναλογικών και ψηφιακών τηλεπικοινωνιών

Οι αναλογικές τηλεπικοινωνίες χρησιμοποιούνται από τους ραδιοερασιτέχνες κυρίως όπου απαιτείται η μετάδοση φωνής μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Για τη μετάδοση δεδομένων προτιμούνται ψηφιακοί τύποι επικοινωνίας, λόγω των προτερημάτων τα οποία προσφέρουν. Τα αναλογικά συστήματα είναι λιγότερο ανθεκτικά στο θόρυβο αλλά οι πομποδέκτες που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση τέτοιων σημάτων είναι απλούστεροι και ευκολότερο να υλοποιηθούν. Παρ' όλα αυτά τα αναλογικά σήματα απαιτούν πομποδέκτες οι οποίοι έχουν σχεδιαστεί για κάθε συγκεκριμένο τύπο επικοινωνίας. Αν χρειαστεί να αλλαχθεί ο τύπος επικοινωνίας, πρέπει συνήθως να τροποποιηθεί ο πομποδέκτης, αν αυτός δεν υποστηρίζει πολλαπλούς τύπους.

Τα ψηφιακά σήματα είναι περισσότερο ανθεκτικά στο θόρυβο, αλλά μπορούν να αλλοιωθούν ολοσχερώς αν τα επίπεδα θορύβου είναι πολύ υψηλά. Το βασικό πλεονέκτημα όμως των ψηφιακών σημάτων σε σχέση με τα αναλογικά είναι ότι πιθανά λάθη τα οποία μπορούν να προκύψουν, μπορούν να διορθωθούν χρησιμοποιώντας διάφορες μαθηματικές τεχνικές. Έτσι, ακόμα και αν το σήμα περιέχει σφάλματα, αυτά τα σφάλματα μπορούν να διορθωθούν στο δέκτη. Η κωδικοποίηση των σημάτων σε ψηφιακά, επιτρέπει επιπλέον τη δυνατότητα συμπίεσης των δεδομένων και κρυπτογράφησής τους ώστε το περιεχόμενό τους να μην μπορεί να γίνει κατανοητό από τρίτους. Τα ψηφιακά σήματα απαιτούν τη χρήση πιο πολύπλοκων πομποδεκτών, αλλά αν χρησιμοποιηθεί ο ηλεκτρονικός υπολογιστής, τότε απλοί αναλογικοί πομποδέκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μετάδοση ψηφιακών σημάτων.

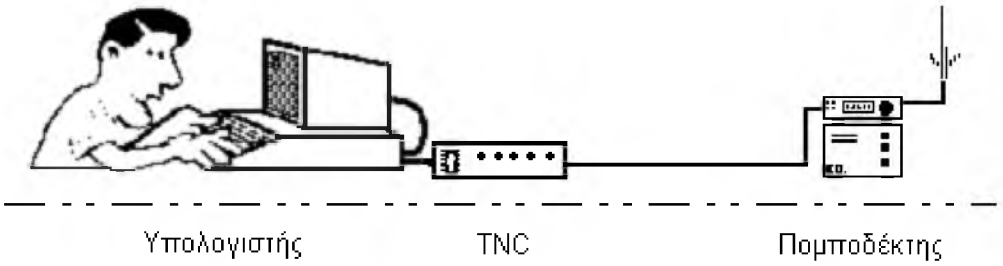
Σ' αυτή την παρουσίαση θα αναφερθούμε σε διάφορους τύπους ψηφιακών

τηλεπικοινωνιών οι οποίοι χρησιμοποιούνται ευρέως από τους ραδιοερασιτέχνες, ξεκινώντας από το packet radio.

2. Packet Radio

2.1 Τι είναι το Packet Radio;

Το Packet Radio είναι ένας ιδιαίτερος ψηφιακός τρόπος (ή αλλιώς mode) Ραδιοερασιτεχνικής Ασύρματης επικοινωνίας που σχετίζεται ιδιαίτερα με την τεχνολογία υπολογιστών. Συγκρίνοντάς το με το δίκτυο του internet, το τηλεφωνικό μόντεμ, αντικαθίσταται από ένα «μαγικό» κουτί που ονομάζεται TNC (Terminal Node Controller δηλαδή). Το τηλέφωνο αντικαθίσταται από το ραδιοερασιτεχνικό πομποδέκτη και το μέσο μεταφοράς αντικαθιστάται από ηλεκτρομαγνητικά κύματα (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: *Packet radio. Από το χειριστή στον πομποδέκτη*

Το Packet Radio παίρνει κάποια ροή δεδομένων που πηγάζει από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή μας και τη μεταδίδει μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε κάποιον απομακρυσμένο ραδιοερασιτεχνικό σταθμό, ο οποίος είναι εξοπλισμένος παρόμοια με το δικό μας. Το Packet Radio ονομάστηκε έτσι, επειδή στέλνει τα δεδομένα σε μικρά κομμάτια, τα οποία ονομάζονται πακέτα.

2.2 Ποια είναι η ιστορία του Packet Radio;

Η τεχνολογία πακέτων δεδομένων αναπτύχθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1960, πολύ πριν δημιουργηθεί το internet και τέθηκε σε πρακτική εφαρμογή στο δίκτυο ARPANET που δημιουργήθηκε το 1969. Το δίκτυο ALOHANET, που ξεκίνησε το 1970 στο πανεπιστήμιο της Χαβάης, ήταν το πρώτο πρόγραμμα ευρείας κλίμακας βασισμένο σε Packet Radio. Το ραδιοερασιτεχνικό Packet Radio ξεκίνησε στο Montreal του Καναδά το 1978. Η πρώτη μετάδοση έγινε στις 31 Μαΐου του ίδιου χρόνου. Το 1980, η ραδιοερασιτεχνική ομάδα ψηφιακών τηλεπικοινωνιών του Βανκούβερ, δημιούργησε ένα από τα πρώτα ερασιτεχνικά TNC.

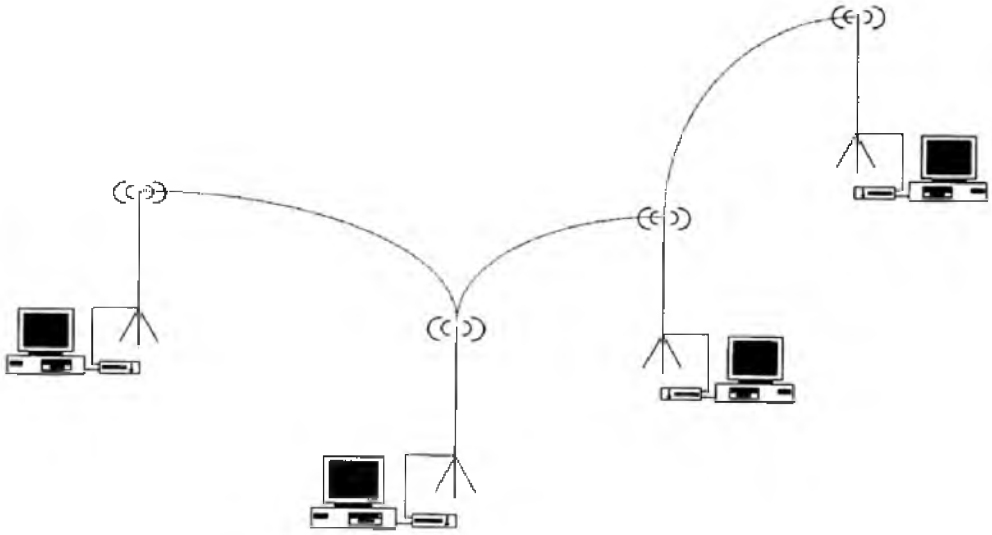
Το σημερινό πρότυπο ενός TNC δημιουργήθηκε μέσα από μία συνάντηση της Κοινωνίας Υπολογιστών IEEE, τον Οκτώβριο του 1981. Μία εβδομάδα αργότερα, έξι

από τους παρευρισκόμενους στη συνάντηση, συζήτησαν την δυνατότητα υλοποίησης ενός ραδιοερασιτεχνικού TNC με χαμηλό κόστος και ίδρυσαν την εταιρία Tucson Amateur Packet Radio. Στις 26 Ιουνίου του 1982, οι ραδιοερασιτέχνες Lyle Johnson και Den Connors έκαναν μία ερασιτεχνική επικοινωνία με μία πρότυπη κατασκευή, το TAPR. Το TAPR εξελίχθηκε στη συνέχεια στο TNC-1 και τέλος στο TNC-2, το οποίο και αποτελεί πλέον το βασικό κομμάτι του Packet Radio ακόμη και σήμερα.

2.3 Γιατί οι ραδιοερασιτέχνες προτιμούν το Packet Radio από άλλες μεθόδους ψηφιακών επικοινωνιών;

Το Packet Radio έχει τρία μεγάλα πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες ψηφιακές μεθόδους: τη διαφάνεια, τη διόρθωση των σφαλμάτων, και τον αυτόματο έλεγχο.

Η λειτουργία ενός σταθμού πακέτων είναι διαφανής στον τελικό χρήστη. Ο χρήστης απλώς συνδέεται με τον απομακρυσμένο σταθμό, πληκτρολογεί το μήνυμα του και αυτό στέλνεται αυτόματα. Το TNC διαιρεί αυτόματα το μήνυμα σε πακέτα, ενεργοποιεί τον πομπό, και στη συνέχεια στέλνει αυτά τα πακέτα. Κατά τη λήψη των πακέτων, το TNC αυτόματα αποκωδικοποιεί, ελέγχει για σφάλματα, και εμφανίζει τα ληφθέντα μηνύματα. Το Packet Radio προσφέρει επικοινωνία χωρίς σφάλματα, λόγω του ενσωματωμένου συστήματος εντοπισμού σφαλμάτων. Αν ένα πακέτο ληφθεί, τότε θα ελεγθεί για λάθη και θα εμφανιστεί στον τελικό χρήστη μόνο αν είναι σωστό. Επιπλέον, οποιοδήποτε TNC μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως σταθμός αναμετάδοσης δεδομένων, ο οποίος ονομάζεται digipeater, ή αλλιώς ψηφιακός αναμεταδότης (Εικόνα 2). Αυτή η λειτουργία επιτρέπει τη μετάδοση των πακέτων δεδομένων σε μεγαλύτερες αποστάσεις, αφού διασυνδέει περισσότερους από δύο σταθμούς μέσω των TNC τους.



Εικόνα 2: *Λειτουργία σταθμών ως ψηφιακών αναμεταδοτών*

Οι χρήστες μπορούν να συνδεθούν με τα TNC των φίλων τους οποιαδήποτε στιγμή και να δουν αν βρίσκονται στο σπίτι τους. Μερικά TNC έχουν ακόμα και προσωπικά ηλεκτρονικά γραμματοκιβώτια (BBS) έτσι ώστε οι συνδεδεμένοι ραδιοερασιτέχνες να μπορούν να αφήνουν μηνύματα όταν ο χειριστής του σταθμού δεν είναι σπίτι του. Η μεταφορά μηνυμάτων μέσω BBS αποτελεί ένα άλλο πλεονέκτημα του packet radio. Πολλά από τα προγράμματα BBS που χρησιμοποιούνται στο packet radio επιτρέπουν τη μεταφορά email και τη δημιουργία φόρουμ συζητήσεων. Τα BBS χρησιμοποιούν ένα ειδικό τρόπο επικοινωνίας, ο οποίος αναπτύχθηκε από το ραδιοερασιτέχνη Hank Oredsen. Εκτός από τα BBS τα οποία λειτουργούν σαν υπηρεσίες, κάποια TNC συμπεριλαμβάνουν ειδικά προγράμματα τα οποία επιτρέπουν την επικοινωνία των BBS των υπηρεσιών με τα TNC των χρηστών.

Ένα άλλο πλεονέκτημα του Packet Radio, είναι η δυνατότητα χρήσης της ίδιας συχνότητας από περισσότερους από έναν χρήστες ταυτόχρονα. Για αυτή τη δυνατότητα θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στη συνέχεια.

2.4 Ποια είναι τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται στο Packet Radio;

TNC ή αλλιώς ελεγκτής τερματικού κόμβου. Κάθε TNC περιέχει ένα μόντεμ, έναν υπολογιστικό επεξεργαστή (CPU), και το σχετικό κύκλωμα που απαιτείται για τη μετατροπή της επικοινωνίας μεταξύ του υπολογιστή (σειριακή θύρα RS-232) και του σχετικού πρωτοκόλλου του Packet Radio που χρησιμοποιείται. Το TNC συγκροτεί πακέτα από δεδομένα που λαμβάνονται από τον υπολογιστή, εφαρμόζει διαδικασίες για τον υπολογισμό πιθανού λάθους σε κάθε πακέτο, το διαμορφώνει σε ηχητικές συχνότητες και τέλος μεταδίδει αυτό το διαμορφωμένο ηχητικό σήμα στον πομπό, προκειμένου να εκπεμφθεί. Κατά τη λήψη, ακολουθείται η αντίστροφη διαδικασία. Το ηχητικό σήμα που λαμβάνεται από το δέκτη μετατρέπεται σε ροή δεδομένων και στέλνεται στον υπολογιστή.

Υπολογιστής ή τερματικό. Αυτό το στοιχείο αποτελεί τη διεπαφή με το χρήστη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας υπολογιστής που εκτελεί ένα πρόγραμμα εξομοιωτή τερματικού (terminal emulator) ή ένα πρόγραμμα ειδικά κατασκευασμένο για packet radio. Αν χρησιμοποιηθεί ένα τέτοιο πρόγραμμα, παρέχονται και επιπλέον δυνατότητες, όπως για παράδειγμα η αποθήκευση κειμένου και αρχείων που έχουν ληφθεί. Με τη ραγδαία εξέλιξη των υπολογιστών τα τελευταία χρόνια και εκμεταλλευόμενοι το γεγονός ότι σχεδόν κάθε υπολογιστής πωλείται πλέον με ενσωματωμένη κάρτα ήχου, οι ραδιοερασιτέχνες δημιούργησαν προγράμματα τα οποία χρησιμοποιούν την κάρτα ήχου του υπολογιστή για να αντικαταστήσουν πολλές από τις λειτουργίες ενός TNC. Σε συνδυασμό με ένα ειδικό πρόγραμμα επεξεργασίας σήματος, η κάρτα ήχου παράγει και δέχεται τους σχετικούς ηχητικούς τόνους. Παράλληλα ο υπολογιστής, χρησιμοποιώντας ένα απλό ηλεκτρονικό κύκλωμα, μπορεί να ελέγξει τη λειτουργία του πομποδέκτη. Αυτή η δυνατότητα κατέστησε το packet radio προσιτό σε όλους.

Πομποδέκτης. Για την εκπομπή και λήψη packet radio μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε εμπορικός πομποδέκτης ή ιδιοκατασκευή, αρκεί να είναι συμβατός με

τον τρόπο διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται για μετάδοση packet radio στην επιθυμητή συχνότητα. Για παράδειγμα, οι συνηθέστεροι πομποδέκτες που χρησιμοποιούνται για επικοινωνία χαμηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων packet radio σε συχνότητες UHF/VHF, έχουν δυνατότητα εκπομπής και λήψης στενής ζώνης FM. Σε χαμηλότερες συχνότητες, κυρίως στα βραχέα, συνηθίζεται η χρήση διαμόρφωσης μονής πλευρικής ζώνης (SSB). Οι εκπομπές υψηλότερου ρυθμού μετάδοσης δεδομένων απαιτούν συνήθως πομποδέκτες πιο υψηλού κόστους ή τροποποιήσεις πομποδεκτών χαμηλότερου κόστους.

2.5 Σε τι αποστάσεις μπορούμε να επικοινωνήσουμε με το packet radio;

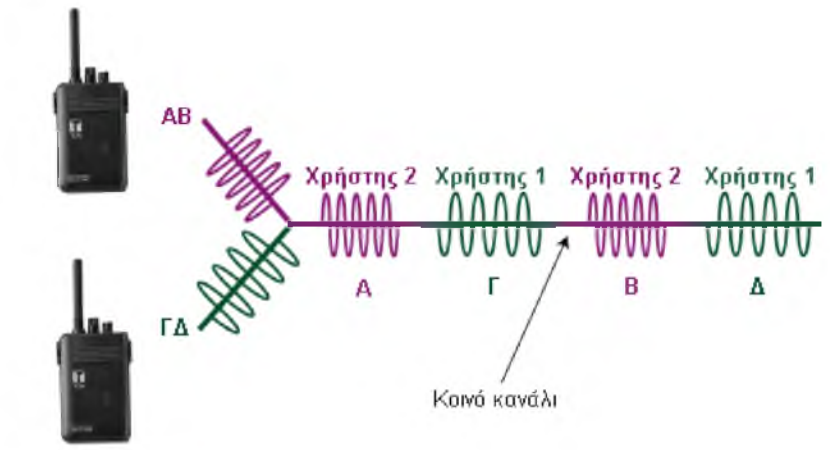
Η απόσταση η οποία μπορεί να καλυφθεί με ένα πομποδέκτη packet radio εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, μερικοί από τους οποίους είναι η ισχύς εκπομπής, η συχνότητα επικοινωνίας και οι συνθήκες διάδοσης. Σε χαμηλές συχνότητες Η απόσταση επικοινωνίας μεταβάλλεται σημαντικά ανάλογα με τις συνθήκες διάδοσης, αλλά αν οι συνθήκες αυτές το επιτρέπουν μπορεί να διασφαλιστεί επικοινωνία μεταξύ χωρών ή ακόμα και ηπείρων, χωρίς τη μεσολάβηση αναμεταδοτών. Σε υψηλότερες συχνότητες όπως τα UHF και τα VHF η απόσταση επικοινωνίας είναι συνήθως σταθερή, αλλά περιορίζεται σχεδόν αποκλειστικά στην οπτική επαφή μεταξύ δύο σταθμών. Η επικοινωνία σε μεγαλύτερες αποστάσεις σε τέτοιες συχνότητες απαιτεί τη χρήση ψηφιακών αναμεταδοτών, που ονομάζονται digipeaters, ως σταθμών αναμετάδοσης δεδομένων. Ένας digipeater ελέγχει κάθε πακέτο για να δει αν αυτό το πακέτο πρέπει να αναμεταδοθεί. Οι digipeaters επιτρέπουν στα πακέτα να ταξιδεύουν σε μεγαλύτερες αποστάσεις, πέραν του οπτικού ορίζοντα. Αυτό το σχήμα δουλεύει καλά για περιορισμένους χρήστες, αλλά όσο οι χρήστες αυξάνονται, το δίκτυο γεμίζει με πακέτα εκπεμπόμενα από τους digipeaters, με αποτέλεσμα να καταλαμβάνονται συχνότητες οι οποίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από σταθμούς.

2.6 Πώς επιτυγχάνεται η δυνατότητα χρήσης της ίδιας συχνότητας από πολλούς χρήστες ταυτόχρονα;

Το packet radio, σε αντίθεση με τις αναλογικές επικοινωνίες φωνής, μπορεί να υποστηρίξει πολλαπλές συνομιλίες στην ίδια συχνότητα. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι δεν προκαλείται παρεμβολή όταν δύο σταθμοί μεταδίδουν ταυτόχρονα στην ίδια συχνότητα. Με τη χρήση του packet radio, τα δεδομένα μας κατακερματίζονται σε μικρά κομμάτια, τα οποία ονομάζονται πακέτα. Η χρήση των πακέτων επιτρέπει τη χρήση της ίδιας συχνότητας από πολλούς χρήστες σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα (Εικόνα 3).

Αυτά τα χρονικά διαστήματα είναι πολύ μικρά και έτσι δίνεται η αίσθηση ότι η ίδια συχνότητα χρησιμοποιείται ταυτόχρονα από πολλούς χρήστες. Στην πραγματικότητα, η ανταλλαγή πακέτων μεταξύ δύο σταθμών λαμβάνει χώρα μόνο όταν η συχνότητα δε χρησιμοποιείται από άλλους σταθμούς. Το packet radio βασίζεται σε ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που ονομάζεται AX.25 προκειμένου να υλοποιήσει αυτό

το διαμοιρασμό της συχνότητας.



Εικόνα 3: *Μετάδοση πακέτων διαφορετικών σταθμών στην ίδια συχνότητα*

2.7 Τι είναι το AX.25 και πώς λειτουργεί;

Λέγοντας πρωτόκολλο, εννοούμε ένα *προκαθορισμένο πρότυπο επικοινωνίας μεταξύ δύο συστημάτων*. Ένα πρωτόκολλο είναι κάτι ανάλογο με τον προκαθορισμένο τρόπο με τον οποίο δημιουργούμε ένα βιογραφικό σημείωμα για παράδειγμα. Το AX.25 αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1970 και βασιζόταν στο X.25, ένα πρωτόκολλο που χρησιμοποιούνταν για ενσύρματα δίκτυα. Εξ' αιτίας του διαφορετικού μέσου μεταφοράς δεδομένων (ραδιοκύματα αντί για καλώδια), το X.25 τροποποιήθηκε έτσι ώστε να εξυπηρετήσει τις ανάγκες των ραδιοερασιτεχνών και έγινε AX.25, που σημαίνει Amateur X.25. Το AX.25 βασίζεται στους ψηφιακούς αναμεταδότες για να επαναλαμβάνει αυτόματα πακέτα και να διευρύνει έτσι την κάλυψη των σταθμών. Ένα βασικό πλεονέκτημα του πρωτοκόλλου αυτού, είναι επίσης το ότι κάθε πακέτο περιέχει πληροφορίες για το ποιός είναι ο πομπός και ποιός ο δέκτης, παρέχοντας έτσι αναγνώριση σταθμών σε κάθε μετάδοση.

Το AX.25 ελέγχει την πρόσβαση στο εκάστοτε κανάλι και την πιθανότητα εκπομπής σε αυτό. Ας πάρουμε ένα απλό παράδειγμα όπου ένας σταθμός θέλει να εκπέμψει σε μία συχνότητα, σε ένα κανάλι δηλαδή. Το TNC του σταθμού αναλύει το κανάλι για να δει αν κάποιος άλλος σταθμός εκπέμπει ήδη. Αν δεν εκπέμπει κανείς, τότε το TNC δίνει εντολή στον πομπό να αρχίσει τη μετάδοση του πακέτου. Όλοι οι υπόλοιποι σταθμοί λαμβάνουν το πακέτο και δεν εκπέμπουν έως ότου ολοκληρωθεί η εκπομπή του. Η ανεπιθύμητη περίπτωση στην οποία δύο σταθμοί μεταδίδουν ταυτόχρονα ένα πακέτο ονομάζεται σύγκρουση πακέτων. Αν συμβεί σύγκρουση, κανένα TNC δε θα λάβει επιβεβαίωση ότι το πακέτο παραδόθηκε. Σε αυτή την περίπτωση, κάθε TNC περιμένει για κάποιο τυχαίο χρονικό διάστημα και στη συνέχεια προσπαθεί να αναμεταδώσει το πακέτο.

2.8 Τι εννοούμε με τον όρο "διαμόρφωση" και πως επιτυγχάνεται η διαμόρφωση με το TNC;

Προηγουμένως αναφέραμε ότι μία από τις λειτουργίες του TNC είναι να μεταφέρει το κατάλληλα διαμορφωμένο σήμα στον πομπό, προκειμένου να εκπεμφθεί. Τι εννοούμε όμως με τον όρο διαμόρφωση; Στις ραδιοφωνικές τηλεπικοινωνίες, διαμόρφωση ονομάζεται η διαδικασία μεταβολής ενός ραδιοφωνικού σήματος, συνήθως υψίσυχνου, με στόχο την κωδικοποίηση σε αυτό ενός σήματος χαμηλής συχνότητας, το οποίο μεταφέρει τα δεδομένα μας. Οι τρεις βασικές παράμετροι αυτού του ραδιοφωνικού σήματος είναι το πλάτος (η έντασή του δηλαδή), η συχνότητα (ο τόνος του δηλαδή) και η φάση (δηλαδή ο χρονισμός του). Αυτές οι παράμετροι μπορούν να αλλάξουν εξ' αιτίας ενός άλλου σήματος το οποίο αποτελείται από χαμηλές συχνότητες. Η αλλαγή αυτή του υψίσυχνου σήματος από ένα σήμα χαμηλότερης συχνότητας ονομάζεται διαμόρφωση. Το διαμορφωμένο σήμα υψηλής συχνότητας είναι εκείνο το οποίο εκπέμπεται από την κεραία μας.

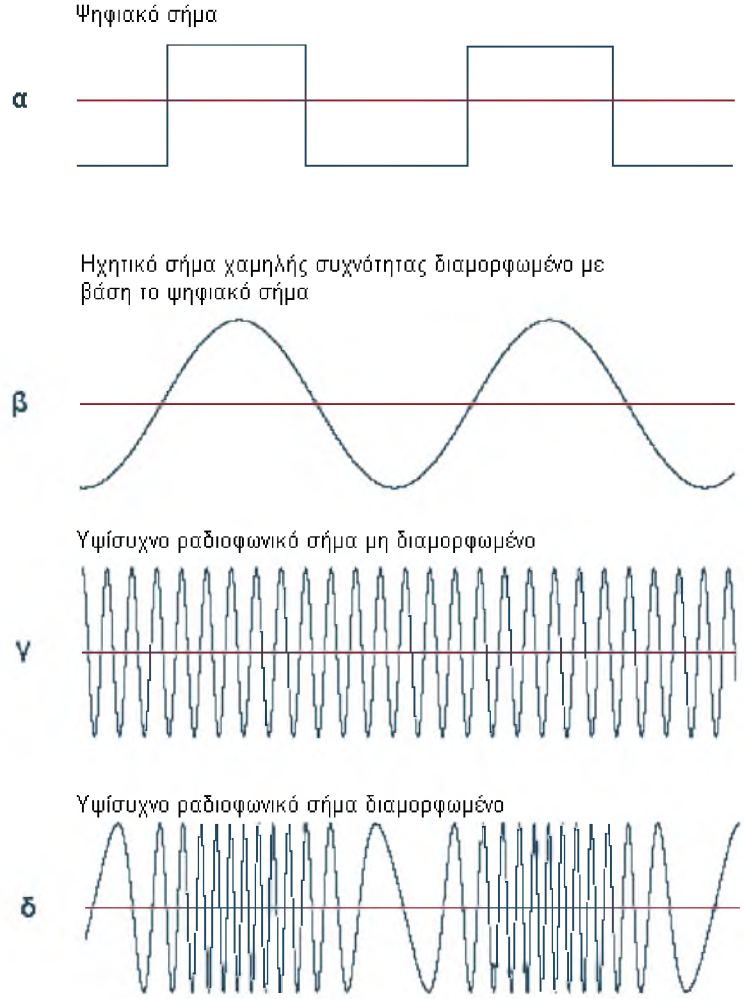
Στις αναλογικές τηλεπικοινωνίες, το υψηλής συχνότητας σήμα διαμορφώνεται από ένα αναλογικό σήμα χαμηλής συχνότητας, όπως είναι η φωνή μας. Στις ψηφιακές τηλεπικοινωνίες όμως, το σήμα χαμηλής συχνότητας είναι ψηφιακό. Το TNC μετατρέπει τα δεδομένα από τον υπολογιστή σε μία συστοιχία από ηχητικούς τόνους χαμηλής συχνότητας. Αυτό το ηχητικό σήμα χαμηλής συχνότητας θεωρείται πλέον ψηφιακό. Ο ραδιοφωνικός πομπός στη συνέχεια, αναλαμβάνει να διαμορφώσει το σήμα υψηλής συχνότητας με βάσει τους τόνους που λαμβάνει από το TNC.

2.9 Ποιοι είναι οι συνηθέστεροι τύποι ψηφιακών διαμορφώσεων;

Στο packet radio χρησιμοποιείται συνήθως διαμόρφωση FSK, ή αλλιώς διαμόρφωση κατά συχνότητα. Τι σημαίνει όμως FSK; Αν φανταστούμε το ραδιοφωνικό κύμα σαν μία ημιτονοειδή κυματομορφή, τότε οι τρεις βασικοί παράμετροι που χαρακτηρίζουν αυτή την κυματομορφή είναι το πλάτος της, η συχνότητά της και ο χρονισμός της. Η διαμόρφωση αυτής της κυματομορφής εξαρτάται από τη μεταβολή μίας ή περισσότερων παραμέτρων.

Στη διαμόρφωση FSK, η συχνότητα του ραδιοφωνικού σήματος είναι αυτή που μεταβάλλεται. Το ποσοστό μεταβολής της συχνότητας εξαρτάται από τη συχνότητα του ηχητικού τόνου που διαμορφώνει το ραδιοφωνικό σήμα (Εικόνα 4).

Εκτός από τη διαμόρφωση FSK, συχνά στις ραδιοερασιτεχνικές επικοινωνίες χρησιμοποιούνται οι διαμορφώσεις ASK και PSK. Στη διαμόρφωση ASK, που σημαίνει διαμόρφωση κατά πλάτος, το πλάτος, δηλαδή η ένταση του ραδιοφωνικού σήματος είναι αυτή που μεταβάλλεται και όχι η συχνότητα. Το ποσοστό μεταβολής του πλάτους, εξαρτάται από το σήμα χαμηλότερης συχνότητας που διαμορφώνει το ραδιοφωνικό σήμα. Στη διαμόρφωση PSK, που σημαίνει διαμόρφωση φάσης, η φάση, δηλαδή ο χρονισμός του ραδιοφωνικού σήματος είναι αυτός που μεταβάλλεται.



Εικόνα 4: *Διαδικασία διαμόρφωσης του σήματος στο Packet Radio. Από τον υπολογιστή (α) στον πομπό (δ)*

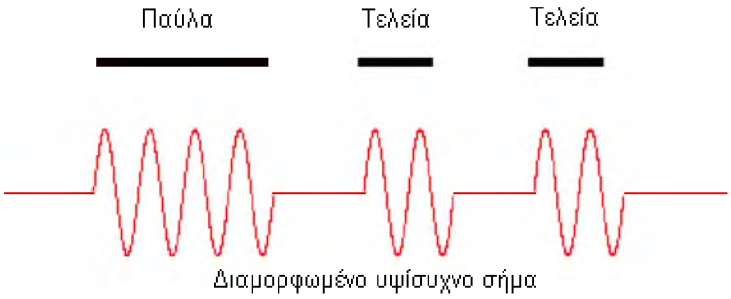
3. Άλλοι μέθοδοι (modes) ερασιτεχνικών ψηφιακών τηλεπικοινωνιών

Το packet radio χρησιμοποιεί όπως είδαμε το TNC, το οποίο διαμορφώνει το ραδιοφωνικό σήμα κατά συχνότητα χρησιμοποιώντας ηχητικούς τόνους για τη διαμόρφωση. Το packet radio είναι επίσης συνυφασμένο με τις ραδιοερασιτεχνικές ψηφιακές τηλεπικοινωνίες. Υπάρχουν όμως πολλοί άλλοι μέθοδοι (modes) για να μεταφέρουμε ψηφιακά δεδομένα μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Σε αυτά τα modes, το ραδιοφωνικό σήμα μπορεί να διαμορφωθεί με, ή χωρίς τη μετατροπή των

δεδομένων μας σε ηχητικούς τόνους. Για παράδειγμα οι διαμορφώσεις FSK, ASK και PSK μπορούν να προκύψουν και χωρίς να έχει προηγηθεί μετατροπή των δεδομένων σε ηχητικούς τόνους. Ενδεικτικά, θα ήθελα να αναφερθώ σε μερικά χαρακτηριστικά ψηφιακά modes επικοινωνίας, το CW, το CDW, το RTTY, το PSK31, το APRS και το DSTAR.

3.1 CW, ο πρώτος ψηφιακός τρόπος επικοινωνίας

CW, ή αλλιώς Continuous Work, είναι το mode επικοινωνίας που χρησιμοποιεί τα γνωστά σε όλους μας σήματα μορς. Δημιουργήθηκε το 1836 για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες του τηλέγραφου και στη συνέχεια βρήκε εφαρμογή στον ασύρματο τηλέγραφο. Το CW αν και από πολλούς ραδιοερασιτέχνες θεωρείται αναλογικό mode, είναι ουσιαστικά ένα ψηφιακό mode στο οποίο οι χαρακτήρες μεταφράζονται, ή αλλιώς κωδικοποιούνται, σε ένα συνδυασμό από τελείες και παύλες. Η διαμόρφωση που χρησιμοποιείται στο CW είναι ASK, κατά την οποία οι τελείες ή οι παύλες αντιπροσωπεύονται από πλήρη ένταση του ραδιοφωνικού σήματος και τα κενά μεταξύ τους από πλήρη απουσία του (Εικόνα 6). Μπορείτε να το φανταστείτε σαν τη διαδοχική ενεργοποίηση και απενεργοποίηση του πομπού σας, προκειμένου να μεταδοθεί η πληροφορία.



Εικόνα 5: *Διαμόρφωση του σήματος στο CW*

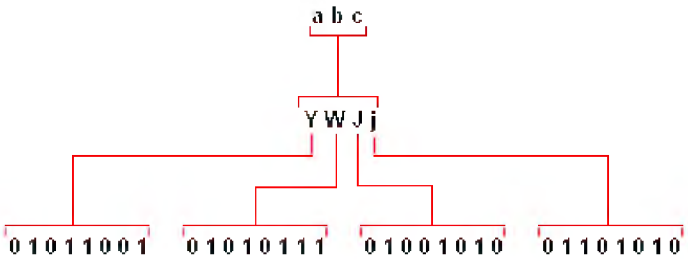
Το CW κατέχει ξεχωριστή θέση στις ραδιοερασιτεχνικές επικοινωνίες, λόγω της απλότητας του εξοπλισμού που απαιτείται και της ευκολίας μετάδοσης και ανάγνωσης του διαμορφωμένου σήματος. Για να εκπέμψει κανείς CW, αρκεί ένας πομπός και ένας διακόπτης ON/OFF. Επιπλέον, για να αποκωδικοποιήσει κανείς CW δεν χρειάζεται ειδικός εξοπλισμός, αφού την αποκωδικοποίηση την αναλαμβάνει ο ανθρώπινος εγκέφαλος.

3.2 CDW, ένας νέος ψηφιακός τρόπος επικοινωνίας

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να παρουσιάσω για πρώτη φορά μία προσωπική προσπάθεια για τη δημιουργία ενός καινούριου mode επικοινωνίας, το οποίο έχω ονομάσει CDW, δηλαδή Continuous Digital Work. Το CDW εκμεταλλεύεται τα προτερήματα του CW, όπως είναι η ευκολία μετάδοσης σε δύσκολες συνθήκες διάδοσης, για να μεταφέρει οποιαδήποτε μορφή ψηφιακής επικοινωνίας και όχι μόνο

χαρακτήρες. Με τη χρήση του CDW τα δεδομένα που μεταδίδονται μπορούν να συμπιεστούν καθώς επίσης και να προστατευθούν με κωδικό ασφαλείας.

Το CDW κωδικοποιεί τα δεδομένα από τον υπολογιστή, τα οποία μπορεί να είναι εικόνες, βίντεο, κείμενο ή οτιδήποτε άλλο, σε μία σειρά από χαρακτήρες, χρησιμοποιώντας ένα πρότυπο αναπαράστασης δεδομένων γνωστό ως MIME Base64. Στη συνέχεια κάθε χαρακτήρας κωδικοποιείται με τη χρήση του προτύπου του κώδικα ASCII, σε μια σειρά από οκτάδες αριθμών, αποτελούμενες από μηδέν και ένα. Κάθε οκτάδα αριθμών διαχωρίζεται από την επόμενη με κενά και κάθε αριθμός της οκτάδας διαχωρίζεται από τους υπόλοιπους με μικρότερα κενά, όπως συμβαίνει και με τα σήματα μορς (Εικόνα 6).



Εικόνα 6: *Κωδικοποίηση των δεδομένων στο CDW*

Κατά τη μετάδοση των δεδομένων, κάθε μηδέν μεταδίδεται όπως μία τελεία στον κώδικα μορς και κάθε ένα μεταδίδεται όπως η παύλα. Δεν θα αναφερθούμε σε περαιτέρω τεχνικές λεπτομέρειες σε σχέση με τη λειτουργία του CWD. Οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να βρουν αναλυτικές πληροφορίες καθώς και μία πρώτη έκδοση της εφαρμογής, στην επίσημη σελίδα του CDW (http://www.microwave.gr/giannopk/cdw.htm).

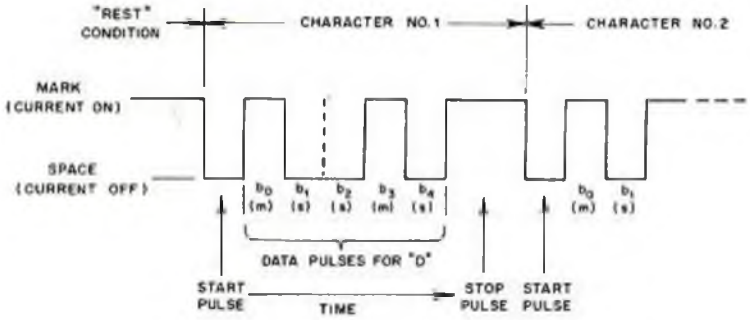
3.3 RTTY ή αλλιώς ραδιοτηλέτυπο

Το RTTY, ή αλλιώς ραδιοτηλέτυπο, χρησιμοποιούσε αρχικά ηλεκτρομηχανικές συσκευές για να κωδικοποιήσει και να αποκωδικοποιήσει τα δεδομένα (συνήθως κείμενα) προς μεταφορά μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Αργότερα αυτές οι συσκευές αντικαταστάθηκαν από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ένας σταθμός RTTY αποτελείται από τρία μέρη: Το τηλέτυπο, το μόντεμ και τον πομποδέκτη.

Μπορεί να φανταστεί κανείς το τηλέτυπο, σαν μία ηλεκτρονική γραφομηχανή. Κάθε χαρακτήρας που πατιέται, στέλνει στο μόντεμ ένα συνδυασμό από πέντε ψηφία (μηδέν και ένα). Όταν πατηθεί ο επόμενος χαρακτήρας, στέλνεται ο επόμενος συνδυασμός και ούτω καθεξής.

Το μόντεμ ή αλλιώς τερματικό, είναι η ηλεκτρονική συσκευή που συνδέεται μεταξύ του τηλέτυπου και του πομποδέκτη. Το ραδιοφωνικό μέρος του μόντεμ μετατρέπει το ψηφιακό σήμα που παράγεται από το τηλέτυπο σε ένα ζεύγος ηχητικών τόνων. Ένας από τους δύο τόνους αντιπροσωπεύει την τελεία και ο άλλος την παύλα. Αυτοί οι

τόνοι στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για να διαμορφώσουν τον πομποδέκτη, έτσι ώστε να παραχθεί ένα ραδιοφωνικό σήμα διαμορφωμένο κατά AFSK. Το ψηφιακό μέρος του μόντεμ αναλαμβάνει να μετατρέψει τις συστοιχίες παράλληλων συνδυασμών αριθμών που παράγονται από το τηλέτυπο, σε σειριακές, έτσι ώστε να μπορούν να εκπεμφθούν η μία μετά την άλλη διαδοχικά. Επίσης, προσθέτει τρία επιπλέον ψηφία σε κάθε χαρακτήρα, για να υποδηλώσει την έναρξή του και τη λήξη του (Εικόνα 7). Κάποιοι πομποί έχουν τη δυνατότητα να διαμορφωθούν χρησιμοποιώντας FSK, χωρίς δηλαδή τα δεδομένα να μετατραπούν πρώτα σε ηχητικούς τόνους. Στην περίπτωση αυτή, το ραδιοφωνικό σήμα υψηλής συχνότητας μεταβάλλεται χρησιμοποιώντας κατευθείαν τα ψηφιακά δεδομένα και συνεπώς, το ραδιοφωνικό μέρος του μόντεμ παρακάμπτεται.



Εικόνα 7: *Κωδικοποίηση του χαρακτήρα «D» στο RTTY*

Στη σύγχρονη εποχή, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής αντικαθιστά συνήθως τη συσκευή του τηλέτυπου και το μόντεμ. Για να επικοινωνήσουμε με RTTY πλέον, αρκεί ένας υπολογιστής με κατάλληλα εγκατεστημένο πρόγραμμα RTTY και ένας ραδιοφωνικός πομποδέκτης.

Αν και το RTTY είναι σχετικά παλαιό mode, παραμένει δημοφιλές στους ραδιοερασιτέχνες για επικοινωνία, μεταξύ δύο τερματικών. Παρ' όλα αυτά χρησιμοποιείται όλο και πιο σπάνια σε εμπορικές τηλεπικοινωνίες λόγω της σχετικά χαμηλής του ταχύτητας μετάδοσης δεδομένων. Επιπλέον, το RTTY καταλαμβάνει μεγάλο εύρος ραδιοφωνικού φάσματος σε σχέση με τα πιο καινούρια modes όπως το PSK31. Επειδή όμως το RTTY χρησιμοποιεί AFSK ή FSK διαμορφώσεις για τη μετάδοση δεδομένων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν υψηλότερης απόδοσης ραδιοφωνικοί ενισχυτές στον πομπό και επιπλέον δεν επηρεάζεται τόσο όσο άλλα modes από άσχημες συνθήκες διάδοσης.

3.4 PSK31 ένα πιο εξελιγμένο ψηφιακό mode

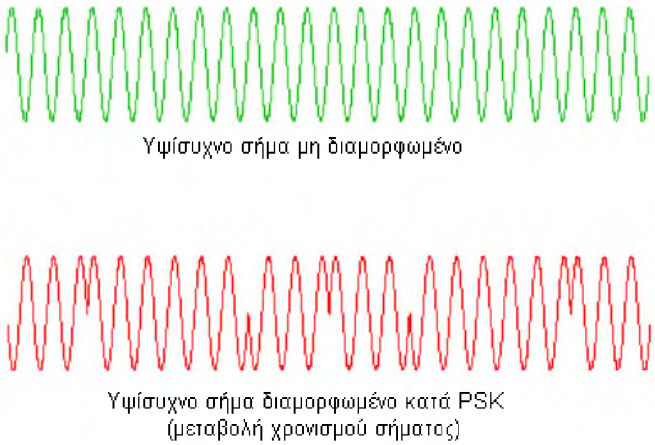
Το PSK31 ή Phase Shift Keying, 31 Baud (το 31 baud έχει να κάνει με το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων) αναπτύχθηκε από ένα Άγγλο ραδιοερασιτέχνη, τον Peter Martinez και παρουσιάστηκε στη ραδιοερασιτεχνική κοινότητα το Δεκέμβρη του

1998.

Κατά την εκπομπή σε PSK31, ο χειριστής χρησιμοποιεί ένα SSB πομποδέκτη που συνδέεται στην κάρτα ήχου του υπολογιστή. Όταν ο χειριστής πληκτρολογεί ένα μήνυμα, ένα κατάλληλο λογισμικό παράγει ένα ηχητικό τόνο, ο οποίος ακούγεται σαν ένα συνεχές σφύριγμα με μικρές εναλλαγές στο χρονισμό του. Αυτός ο τόνος χρησιμοποιείται για να διαμορφώσει τον πομπό. Το λογισμικό εναλλάσσει πολύ γρήγορα το χρονισμό ή αλλιώς τη φάση του ηχητικού τόνου μεταξύ δύο καταστάσεων, έτσι ώστε να αντιπροσωπεύσει τους διαφορετικούς χαρακτήρες. Σε αντίθεση με το RTTY, το PSK31 μεταβάλλει τη φάση του ηχητικού σήματος και όχι τη συχνότητά του.

Κατά τη λήψη PSK31, ο ηχητικός τόνος που λαμβάνεται, εισάγεται στην κάρτα ήχου του υπολογιστή και το ανάλογο λογισμικό τον αποκωδικοποιεί. Τα προγράμματα που χρησιμοποιούνται για PSK31 συμπεριλαμβάνουν επιπλέον και τις δυνατότητες προσωρινής αποθήκευσης των δεδομένων προς αποστολή και καταγραφής των δεδομένων που λαμβάνονται σε αρχεία καταγραφής.

Το PSK31 διαμορφώνει ή αλλιώς μεταβάλλει τη φάση του σήματος (Εικόνα 8). Στη συνηθέστερή του μορφή, το PSK31 χρησιμοποιεί μηδενική μετατόπιση φάσης για να αντιπροσωπεύσει το ψηφίο ένα και μετατόπιση φάσης κατά 180 μοίρες για να αντιπροσωπεύσει το ψηφίο μηδέν. Υπάρχουν δηλαδή δύο καταστάσεις, η κατάσταση κατά την οποία ο χρονισμός του σήματος μετατοπίζεται κατά 180 μοίρες, και εκείνη στην οποία η μετατόπιση είναι μηδενική. Στην περίπτωση αυτή, το PSK31 ονομάζεται BPSK31, που σημαίνει Binary PSK31 (binary, εξ' αιτίας των δύο καταστάσεων).



Εικόνα 8: *Διαμόρφωση φάσης στο PSK31*

Όσον αφορά την κωδικοποίηση των χαρακτήρων σε ροή δεδομένων, κάθε κενό μεταξύ δύο χαρακτήρων αντιπροσωπεύεται από δύο διαδοχικά μηδενικά. Επειδή κανένας χαρακτήρας δεν περιέχει δύο διαδοχικά μηδενικά, το πρόγραμμα

αποκωδικοποίησης μπορεί να ξεχωρίσει αν έχει ληφθεί ένας χαρακτήρας ή κενό. Ο Martinez διάρθρωσε τον κώδικα αντιπροσώπευσης χαρακτήρων του PSK31 ώστε οι συχνότερα συναντώμενοι χαρακτήρες σε ένα κείμενο να αντιπροσωπεύονται από λιγότερα ψηφία και οι σπανιότεροι χαρακτήρες από περισσότερα ψηφία. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει γρηγορότερο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων και ο κώδικας αυτός ονομάστηκε 'varicode'.

Το BPSK31 είναι η συνηθέστερη μορφή επικοινωνίας σε PSK31. Παρ' όλα αυτά το BPSK31 δεν παρέχει τη δυνατότητα διόρθωσης σφαλμάτων. Μία παραλλαγή αυτού του mode, το QPSK31 χρησιμοποιεί τέσσερεις εναλλαγές φάσης αντί για δύο και παρέχει τη δυνατότητα διόρθωσης σφαλμάτων μέχρι κάποιο βαθμό. Σε σχέση με το RTTY, το PSK31 καταλαμβάνει μικρότερο εύρος φάσματος και αυτό το κάνει πιο κατάλληλο σε δύσκολες συνθήκες διάδοσης και σε περιπτώσεις όπου η μπάντα συχνοτήτων περιέχει ταυτόχρονα πολλούς χρήστες.

3.5 APRS (Automatic Packet Reporting System)

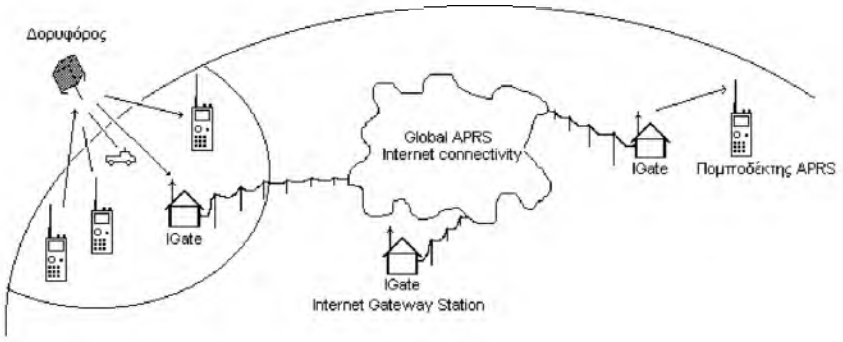
Το APRS αρχικά ήταν γνωστό σαν "Automatic Position Reporting System" αλλά αργότερα μετονομάστηκε από το δημιουργό του σε "Automatic Packet Reporting System". Το APRS είναι ένα ραδιοερασιτεχνικό σύστημα ψηφιακών τηλεπικοινωνιών το οποίο χρησιμοποιείται για τοπική, εθνική και διεθνή μεταφορά δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, μεταξύ των μελλών ενός δικτύου. Το APRS αναπτύχθηκε από το ραδιοερασιτέχνη Bob Bruninga, ο οποίος εργάζεται στην Ακαδημία του Ναυτικού των Ηνωμένων Πολιτειών.

Το APRS χρησιμοποιείται για να μεταδώσει πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, οι οποίες περιλαμβάνουν μηνύματα, αναγγελίες, φόρουμ συζητήσεων καθώς επίσης και αναφορές των τοποθεσιών των διαφόρων σταθμών και των αντικειμένων. Η μετάδοση των δεδομένων γίνεται με τη χρήση των πρωτοκόλλων του packet radio. Η αναφορά των θέσεων των φορητών σταθμών και των αντικειμένων γίνεται με τη χρήση του δικτύου GPS. Το APRS μπορεί να μεταδώσει μια πληθώρα από δεδομένα μεταξύ των οποίων και αναφορές για τον καιρό, σύντομα μηνύματα κειμένου, πληροφορίες σχετικά με τη θέση και την εύρεση αντικειμένων, δεδομένα τηλεμετρίας και προγνώσεις καιρού. Αυτές οι αναφορές μπορούν να συνδυαστούν με ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή και ένα πρόγραμμα χαρτών, ώστε τα δεδομένα που ανταλλάσσονται να αντιστοιχίζονται σε διάφορους χάρτες.

Όλη η διεργασία γίνεται από το πρωτόκολλο του APRS που περιλαμβάνει ότι πληροφορία θα θέλαμε από ένα μακρινό σταθμό ως προς τις συνθήκες εκπομπής, τις δυνατότητες του λογισμικού, την θέση του, τα τηλεμετρικά στοιχεία ή τις πληροφορίες καιρού της περιοχής του. Στην περισσότερο χρησιμοποιούμενή του μορφή, το APRS μεταδίδεται χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο AX.25, που χρησιμοποιείται και στο packet radio. Η διαμόρφωση είναι συνήθως AFSK. Η αναμετάδοση δεδομένων γίνεται με τη χρήση ψηφιακών αναμεταδοτών digipeaters. Οι τοπικοί αναμεταδότες ονομάζονται relay digipeaters και έχουν σαν σκοπό να βοηθήσουν φορητούς και κινητούς σταθμούς μικρής ισχύος να φτάσουν σε ένα κύριο

αναμεταδότη ο οποίος ονομάζεται wide digipeater.

Ένα μεγάλο δίκτυο από ψηφιακούς αναμεταδότες, παρέχει τη δυνατότητα μεταφοράς των πακέτων του APRS. Επίσης διαδικτυακές πύλες, που ονομάζονται Internet gateway stations διασυνδέουν το ραδιοφωνικό δίκτυο του APRS με το διαδικτυακό μέρος του, που ονομάζεται APRS Internet System. Το APRS Internet System είναι ένα παγκόσμιο δίκτυο υψηλής ταχύτητας που διασυνδέει το ραδιοφωνικό δίκτυο APRS. Οι σταθμοί μπορούν να αποκτήσουν άμεση πρόσβαση σε αυτό το δίκτυο και κατάλληλες βάσεις δεδομένων επιτρέπουν πρόσβαση στα δεδομένα μέσω web. Επιπλέον, η αναμετάδοση των δεδομένων του APRS, γίνεται και μέσω διαφόρων δορυφόρων χαμηλής τροχιάς, καθώς επίσης και μέσω του Διεθνούς Διαστημικού Σταθμού (Εικόνα 9).



Εικόνα 9: *Σενάριο χρήσης δικτύου APRS*

Για να χρησιμοποιήσει κανείς το APRS, χρειάζεται ένας πομποδέκτης με ενσωματωμένη λειτουργία APRS. Τα TNC, οι Digipeaters και τα Modems αναλαμβάνουν τη μετάδοση και την αναμετάδοση των δεδομένων. Επίσης στο APRS έχουμε πολλά είδη σταθμών. Σταθμοί που κάνουν monitor (στον αέρα ή στο Internet) και περιφερειακοί σταθμοί που μπορεί να είναι: trackers, remote weather stations, και direction finder stations. Οι trackers είναι κινητοί σταθμοί με tnc, ασύρματο και gps και μπορούν να στέλνουν κατά διαστήματα την θέση τους. Η δυνατότητα αυτή είναι ιδανική σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, σε ραδιοερασιτεχνικές συγκεντρώσεις και δραστηριότητες, παρελάσεις ή μαραθωνίους. Η δυνατότητα σύνδεσης σε laptop ή palmtop δίνει στον κινητό σταθμό δυνατότητες σταθερού. Τα remote weather stations χρησιμοποιούνται για τη λήψη απομακρυσμένων τηλεμετρικών στοιχείων και κυρίως μετεωρολογικών στοιχείων. Το APRS έχει αυτή την δυνατότητα συνδέοντας διάφορα Home Weather Stations με ηλεκτρονικό υπολογιστή, tnc και ασύρματο.

3.6 D-STAR (Digital Smart Technologies for Amateur Radio)

Το D-STAR που σημαίνει Digital Smart Technologies for Amateur Radio, είναι ένα ψηφιακό πρωτόκολλο επικοινωνίας φωνής και δεδομένων, το οποίο αναπτύχθηκε από την Ιαπωνική Κοινότητα Ραδιοερασιτεχνών, μετά από έρευνά της στα πλαίσια της εφαρμογής των ψηφιακών τηλεπικοινωνιών στο ραδιοερασιτεχνισμό. Παρ' ότι

υπάρχουν και άλλες ψηφιακές μέθοδοι επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται από τους ραδιοερασιτέχνες, το D-Star είναι ένα από τα πρώτα συστήματα βασισμένα στην τεχνολογία packet, το οποίο αναπτύχθηκε ευρέως και πωλήθηκε από εταιρία κολοσσό στις τηλεπικοινωνίες και που σχεδιάστηκε ειδικά για ραδιοερασιτεχνική χρήση.

Το ψηφιακό σήμα του D-STAR παρέχει επικοινωνία σχεδόν απαλλαγμένη από παρεμβολές και ταυτόχρονα χρησιμοποιεί λιγότερο εύρος ζώνης σε σχέση με τους αναλογικούς τρόπους επικοινωνίας. Όσο η ένταση του ηλεκτρομαγνητικού σήματος είναι πάνω από ένα προκαθορισμένο επίπεδο, η ποιότητα των δεδομένων είναι καλύτερη από αυτή που παρέχεται με τα αναλογικά διαμορφωμένα σήματα, χρησιμοποιώντας την ίδια ισχύ εκπομπής. Κατάλληλα εξοπλισμένοι πομποδέκτες συμβατοί με το D-STAR, παράγονται για τα VHF, τα UHF και τις μικροκυματικές τηλεπικοινωνίες. Όπως και το APRS, το D-STAR παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης των συσκευών με το διαδίκτυο ή με άλλα δίκτυα.

Το D-STAR χρησιμοποιεί ένα πατενταρισμένο κλειστό πρότυπο κωδικοποιητή που ονομάζεται AMBE. Οι ραδιοερασιτέχνες δεν έχουν πρόσβαση στις λεπτομέρειες με βάση τις οποίες λειτουργεί αυτός ο κωδικοποιητής και επιπλέον δεν είναι ελεύθεροι να αναπτύξουν το δικό τους κωδικοποιητή, χωρίς να αγοράσουν την άδεια του προϊόντος. Ανέκαθεν οι ραδιοερασιτέχνες πειραματίζονταν με νέες τεχνολογίες αναπτύσσοντάς τις. Το ιδανικό θα ήταν η τεχνολογία D-STAR να ήταν πλήρως διαθέσιμη προς ανάπτυξη. Το κλειστό πρότυπο και η διαθεσιμότητα του κωδικοποιητή μόνο σε μικροτσίπ και όχι σε λογισμικό, αποθαρρύνει την ανάπτυξη. Μία ευρέως αποδεκτή λύση θα ήταν ένα υποκατάστατο του κωδικοποιητή AMBE ανοιχτού κώδικα.

Βιβλιογραφία

Finke, C. R. (Ed.) (1992, February 15). *TPRS Quarterly Report*. Texas Packet Radio Society, Inc.

Jones, G., G. Knezek, M. Hata. (1992). *Packet Radio Prospects for Educational Data Communications*. Proceedings of the Ninth International Conference on Technology in Education, 1, 218-219. Paris, France.

Lucas, Larry, Greg Jones, David Moore. (1992) *An Educator's Alternative to Costly Telecommunications*. Texas Center for Educational Technology, Univ. of North Texas.

Steve Watt, KD6GGD, steve@wattres.SJ.CA.US. (1993). *Frequently Asked Questions from the listing in the rec.radio.amateur.packet newsgroup for the USENET network*. Version 1.11.

Tucson Amateur Packet Radio Corporation. *Terminal Node Controller Manual*, Firmware Release 1.1.8, Tucson, AZ

Greg Jones, WD5IVD, *Introduction to Packet radio*. Ανακτήθηκε 2/10/2010, από τη διεύθυνση http://www.tapr.org/pr_intro.html

Konstantinos Giannopoulos, SW3ORA, *The CDW mode of communication*. Ανακτήθηκε 10/10/2010, από τη διεύθυνση http://www.microwave.gr/giannopk/cdw.htm

AA5AU, *Simple Interfaces for FSK, PTT & CW Keying*. Ανακτήθηκε 20/10/2010, από τη διεύθυνση http://www.aa5au.com/rttyinterface.html

Bob Bruninga, WB4APR, *Simple Automatic Packet Reporting System*. Ανακτήθηκε 28/10/2010, από τη διεύθυνση http http://www.aprs.org

SV1RD, *APRS Network*. Ανακτήθηκε 3/11/2010, από τη διεύθυνση http://www.aprs.gr/aprs_net.php

Don Johnson, *Comparison of Analog and Digital Communication*. Ανακτήθηκε 8/11/2010, από τη διεύθυνση http://cnx.org/content/m0074/latest

Βικιπαίδεια, *Packet radio*. Ανακτήθηκε 11/11/2010, από τη διεύθυνση http://en.wikipedia.org/wiki/Packet_radio

Βικιπαίδεια, *Radioteletype*. Ανακτήθηκε 12/11/2010, από τη διεύθυνση http://en.wikipedia.org/wiki/Radioteletype

Βικιπαίδεια, *PSK31*. Ανακτήθηκε 13/11/2010, από τη διεύθυνση http://en.wikipedia.org/wiki/PSK31

Βικιπαίδεια, *Automatic Packet Reporting System*. Ανακτήθηκε 10/11/2010, από τη διεύθυνση http://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_Packet_Reporting_System

Βικιπαίδεια, *D-STAR*. Ανακτήθηκε 14/11/2010, από τη διεύθυνση http://en.wikipedia.org/wiki/D-STAR

Βικιπαίδεια, *Morse code*. Ανακτήθηκε 15/11/2010, από τη διεύθυνση http://en.wikipedia.org/wiki/Morse_code

Automatic Packet Reporting System. Ανακτήθηκε 16/11/2010, από τη διεύθυνση http://info.aprs.net/index.php/Main_Page

Packet Radio: Applications for Libraries in Developing Countries (1993). Ανακτήθηκε 20/11/2010, από τη διεύθυνση http://archive.ifla.org/VI/5/reports/rep5/53.htm

Frequency modulation definition. Ανακτήθηκε 22/11/2010, από τη διεύθυνση http://www.moz.ac.at/sem/lehre/lib/ks/lib/fm/frequency-modulation.html

Modulation. Ανακτήθηκε 23/11/2010, από τη διεύθυνση http://www.pctechguide.com/61SerialComms_Modulation.htm

US Naval Academy Satellite Lab. *GO-32 APRS Operations*.Ανακτήθηκε 28/11/2010, από τη διεύθυνση http://www.aprs.org/GO32-ops.html