

Επί του παρόντος, η μεταφορά δεδομένων ανάμεσα στον Ηλεκτρονικό υπολογιστή και στους εκτυπωτές, σκάννερ και στα μηχανήματα fax και modem, όπως επίσης και η επικοινωνία ανάμεσα σε φορητούς υπολογιστές και κινητά τηλέφωνα, απαιτούν ακόμη άβολες καλωδιακές διασυνδέσεις και τη χρονοβόρα εγκατάσταση οδηγών (drivers). Δε θα ήταν ωραίο αν όλες οι συσκευές σας επεξεργασίας δεδομένων μπορούσαν να επικοινωνούν ανεξάρτητα η μια με την άλλη, χωρίς την ανάγκη καλωδίων και την εγκατάσταση οδηγών; Κάτι τέτοιο είναι πλέον δυνατό, χάρη στο Bluetooth, ένα ραδιοφωνικό σύστημα βραχέων που καθιστά περιττά τα καλώδια και που πιθανότατα θα επιτρέψει την ανάπτυξη νέων εφαρμογών.

Blue tooth

ραδιοφωνική μετάδοση δεδομένων στα 2.4 Ghz αντί για καλώδια υπολογιστών



Οι Nokia mobile Phones, Ericson Mobile Communications, IBM, Intel και Toshiba αναγνώρισαν τις δυνατότητες αυτής της τεχνολογίας και ίδρυσαν το Μάη του 1998, το BSIG [1,2] (Bluetooth Special Interest Group -Ομάδα Ειδικού Ενδιαφέροντος για το bluetooth). Ο στόχος της είναι η εγκατάσταση ενός γενικού πρότυπου για ραδιοφωνική επικοινωνία δεδομένων μεταξύ συσκευών επεξεργασίας δεδομένων. Στην αρχή, η κύρια περιοχή ενδιαφέροντος ήταν η ραδιοφωνική μετάδοση ανάμεσα σε κινητά τηλέφωνα και περιφερειακά εξαρτήματα, με σκοπό την ελαχιστοποίηση των ενοχλητικών και άβολων καλωδίων. Αργότερα, η περιοχή ενδιαφέροντος επεκτάθηκε έτσι ώστε να συμπεριλάβει και άλλες εφαρμογές, όπως ασύρματες συνδέσεις μεταξύ προσωπικών υπολογιστών και φορητών υπολογιστών και τα περιφερειακά τους. Τώρα πλέον, περισσότερες από 1100 εταιρείες είναι μέλη του

BSIG (Bluetooth Special interest Group) (δες το πλαίσιο "Ο Βασιλιάς Γαλαζοδόντης και οι φίλοι του"). Σ' αυτές συγκαταλέγονται όχι μόνο οι μεγαλύτερες εταιρείες υπολογιστών και τεχνολογίας επικοινωνιακών συστημάτων, αλλά επίσης και κατασκευαστές αυτοκινήτων και αεροπλάνων και αντιπρόσωποι της βιομηχανίας ψυχαγωγίας. Η BSIG παρουσίασε την προσωρινή έκδοση 1.0 των προδιαγραφών του Bluetooth, το φθινόπωρο του 1999. Έγινε διαθέσιμη στο ευρύ κοινό μέσω του Διαδικτύου [2], για να προωθήσει την εγκατάσταση του συστήματος Bluetooth. Αυτές οι εκτεταμένες προδιαγραφές γεμίζουν πάνω από 1500 σελίδες. Η πρώτιστη επίδειξη του ερευνητικού έργου Bluetooth είναι η ανάπτυξη εξαιρετικά φθηνών, αυτόνομων μονάδων που θα μπορούν να ενσωματωθούν σε μια μεγάλη ποικιλία εξοπλισμού. Η επιδιωκόμενη τιμή ανά μονάδα, με δεδομένη τη μαζική παραγωγή μεγάλης κλί-

μακας (περισσότερο από ένα εκατομμύριο κομμάτια), είναι λιγότερο από πέντε δολάρια (1600 δρχ).

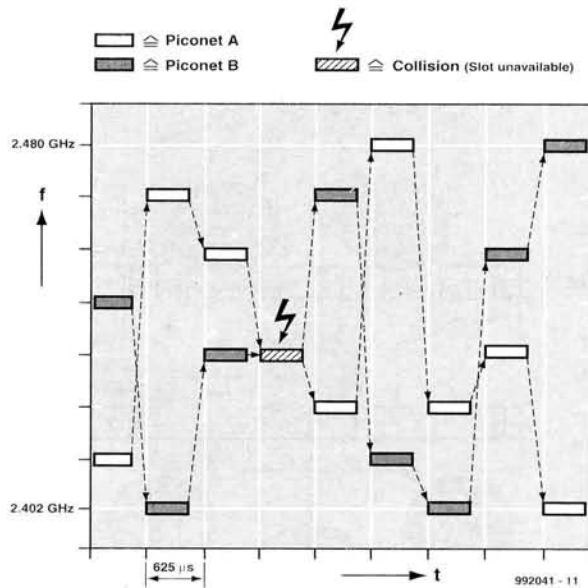
Συχνότητες

Όταν η BSIG έψαχνε για παγκόσμια διαθέσιμες ζώνες συχνότητων που δεν απαιτούν άδεια, συνάντησε τις ζώνες ISM (Industrial, Scientific and Medical - Βιομηχανικές, Επιστημονικές και Ιατρικές). Αυτές οι ζώνες συχνότητων μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς άδεια ή καταβολή χρηματικού ποσού για βιομηχανικό, επιστημονικό ή ιατρικό εξοπλισμό με περιορισμένη ισχύ εκπομπής. Πέρα από τις διαθέσιμες ζώνες ISM που φαίνονται στον Πίνακα 1, υπάρχουν και άλλες ζώνες ISM στα 5.8 Ghz, 24,25 Ghz και 122.5 Ghz, αλλά αυτές δε μπορούν για την ώρα να χρησιμοποιηθούν με κάποιο λογικό κόστος. Με δεδομένο ότι στις ζώνες ISM πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα παρεμβολής από άλλους μη-εξουσιοδοτημένους χρήστες, και ότι το Bluetooth πρέπει να έχει ένα ρυθμό μετάδοσης δεδομένων γύρω στα 1Mb / s, η μόνη επιλογή είναι η ζώνη ISM των 2,4 Ghz (2400 με 2483 MHz). Αυτή η ζώνη έχει εύρος 83 MHz και έτσι παρέχει αρκετό χώρο ώστε να αποφεύγει τις παρεμβολές από άλλες συσκευές που χρησιμοποιούν μια συγκεκριμένη συχνότητα, όπως ένας φούρνος μικροκυμάτων. Αυτή η ζώνη της συγκεκριμένης συχνότητας είναι παγκοσμίως διαθέσιμη, αν και τα οριά της μειώνονται κάπως στην Ιαπωνία (2471 με 2497 MHz), στη Γαλλία και την Ισπανία. Για να αποφευχθούν προβλήματα με αναμενόμενα σήματα παρεμβολής, τα περισσότερα εκ των οποίων έχουν προκαθορισμένες συχνότητες, ο Bluetooth κάνει χρήση τεχνικών φάσματος διασποράς. Αυτό σημαίνει ότι η συχνότητα αλλάζει γρήγορα (μέχρι και 1600 φορές το δευτερόλεπτο) με ένα ψευδο - τυχαίο τρόπο, με αποτέλεσμα να είναι διαθέσιμες αρκετές συχνότητες απαλλαγμένες από παρεμβολές, έτσι ώστε να μπορεί να επιτευχθεί ο επιθυμητός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων, ακόμα και

με προστασία λάθους (βλέπε Σχήμα 1). Αυτή η διαδικασία αποκαλείται **FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum - Φάσμα Διασποράς άλμας Συχνοτήτων)**. Ο Bluetooth χρησιμοποιεί 79 συχνότητες στην περιοχή ανάμεσα στα 2.402 και 2.480 GHz, με διαχωρισμό 1 MHz. Εξαιτίας της προαναφερθείσας μείωσης της διαθέσιμης ζώνης συχνοτήτων, χρησιμοποιούνται μόνο 23 συχνότητες άλμας στη Γαλλία, Ισπανία και Ιαπωνία.

Πικοδίκτυα και δίκτυα διασποράς

Ένα ζεύγος συσκευών εξοπλισμένων με μονάδες Bluetooth μπορεί να εγκαταστήσουν αυτόνομα επαφή μεταξύ τους, χρησιμοποιώντας την τεχνική αλμάτων συχνοτήτων. Για να αποφευχθούν οι αμοιβαίες παρεμβολές με άλλες συσκευές Bluetooth στην ίδια περιοχή που μπορεί να χρησιμοποιούν τις ίδιες συχνότητες, η ακολουθία συχνοτήτων καθορίζεται από τη διεύθυνση και το ρυθμό χρονιστή της συσκευής που ξεκινά τη σύνδεση. Αυτή η συσκευή γίνεται έτσι η κύρια συσκευή σ' αυτή τη ραδιοφωνική ομάδα, ενώ όλοι οι άλλοι συμμετέχοντες χαρακτηρίζονται ως εξαρτόμενες και πρέπει να συγχρονιστούν με την κύρια συσκευή. Μέχρι και οχτώ ραδιοφωνικές συσκευές bluetooth μπορούν να χρησιμοποιήσουν ένα κανάλι. Μια τέτοια ομάδα σχηματίζει ένα δίκτυο που αποκαλείται πικο-δίκτυο (piconet) (βλέπε Σχήμα 2). Εδώ, ο όρος κανάλι σημαίνει ότι όλα τα μέλη του πικο-δικτύου χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα αλμάτων, δηλαδή ότι χρησιμοποιούν την ίδια ακολουθία συχνοτήτων. Με δεδομένο ότι σε κάθε συσκευή Bluetooth εκχωρείται μια μοναδική διεύθυνση 48 bit, δεν είναι δυνατό δυο ξεχωριστά κανάλια να έχουν την ίδια συχνότητα άλματος. Εγκαθιστώντας ανεξάρτητα επιπρόσθετα πικοδίκτυα στην ίδια περιοχή, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν περισσότερες από οχτώ συσκευές Bluetooth στον ίδιο θύση, όπως για παράδειγμα σε ένα γραφείο, με υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων και χωρίς παρεμβολές. Η κύρια συσκευή λειτουργεί σε πολυπλεξία χρόνου, TDM (time-division multiplexed - πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου) και μπορεί να αποκριθεί στο επόμενο παράθυρο χρόνου. Η εξαρτόμενη μονάδα έχει τη δυνατότητα να συμματάσχει σε ένα άλλο πικοδίκτυο στα παράθυρα χρόνου που απομένουν. Για να μπορέσει να κάνει κάτι τέτοιο, ρυθμίζει το δέκτη της στη συχνότητα στην οποία έχει μόλις "μεταπηδήσει" το άλλο πικοδίκτυο και συγχρονίζεται με την κύρια συσκευή αυτού του πικοδικτύου. Στην ορολογία του Bluetooth τα πολλαπλά ραδιο - δίκτυα που είναι διασυνδεδεμένα μ' αυτόν τον τρόπο, αναφέρονται ως δίκτυα διασποράς (scatter networks) (βλέπε σχήμα 2). Οι συγκρούσεις TDM αποφεύγονται με το γεγονός ότι οι εξαρτόμενες συσκευές συγχρονίζονται με το ρυθμό χρονιστή της κύριας συσκευής. Όπως είδαμε, επιτρέπονται μέχρι και οχτώ συσκευές σε ένα πικοδίκτυο bluetooth. Το υψηλότερου επιπέδου δίκτυο διασποράς μπορεί να περιέχει μέχρι και δέκα πικοδίκτυα, έτσι ώστε να είναι δυ-

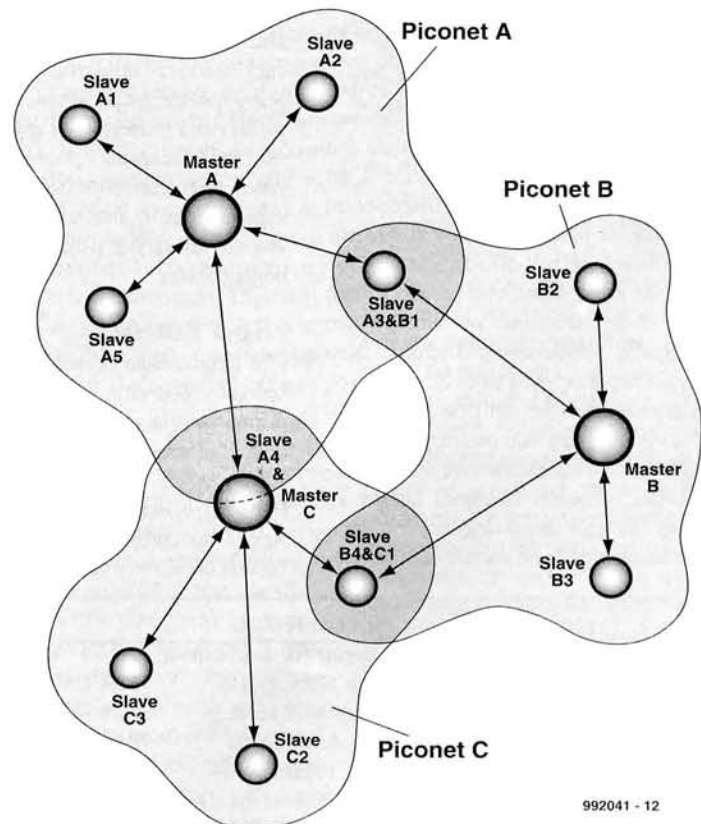


Σχήμα 1. Άλματα Συχνοτήτων (απλοποιημένη παράσταση)

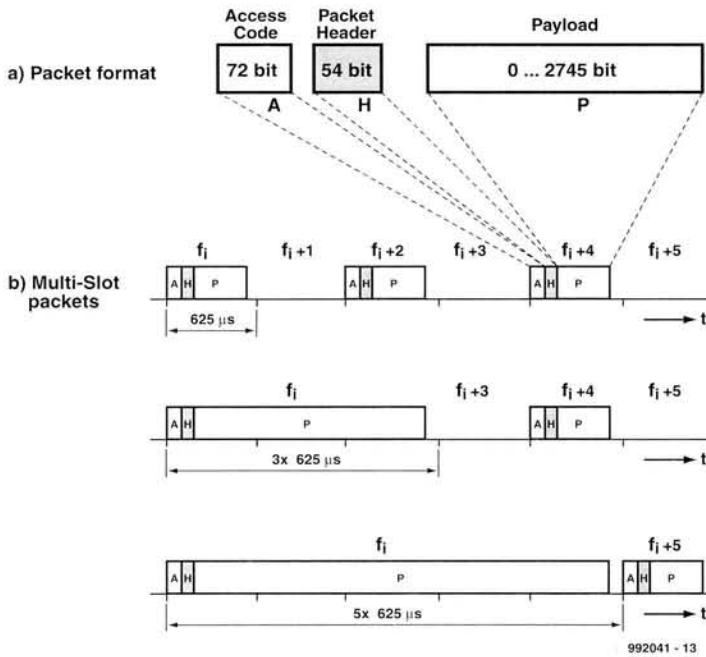
Πίνακας 1. Μερικές ζώνες συχνοτήτων ISM (δεν είναι διαθέσιμες σε όλες τις χώρες)

Περιοχή Συχνοτήτων	Εύρος Ζώνης	Εφαρμογές / σημειώσεις
26.957 MHz - 27.283 MHz	0.326 Mhz	CB, ασύρματα τηλέφωνα...
40.660 MHz - 40.700 MHz	0.040 MHz	μικρό εύρος ζώνης
433.050 Mhz - 434.790 MHz	1.74 MHz	Ερασιτεχνικό ραδιόφωνο
868 MHz - 870 MHz	2.00 MHz	δε χρησιμοποιείται συχνά, μικρό εύρος
2.400 GHz - 2.483 GHz	83.00 MHz	Φούρνοι μικροκυμάτων, θυροτηλέφωνα 1

Σημείωση: Μπορεί να κατανεμηθούν επιπρόσθετες ζώνες ISM γύρω 5.8 GHz, 24.250 GHz και 122.5 GHz



Σχήμα 2. Πικοδίκτυα και δίκτυα διασποράς



Σχήμα 3. Μορφή πακέτου και μορφή πολλαπλών παραθύρων χρόνου.

νατό να εγκατασταθούν συστήματα που να περιέχουν μέχρι και 80 συσκευές Bluetooth μέσα σε μια ακτίνα 10 μέτρων. Ακόμα και όταν μια μοναδική συσκευή είναι μέλος και των 10 πικοδικτύων, ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων σε οποιοδήποτε πικοδίκτυο δε μειώνεται παραπάνω από δέκα τοις εκατό περίπου.

Διαμόρφωση και προστασία λάθους

Η διαμόρφωση GFSK (Gaussian Frequency-Shift Keying - Κλειδίωμα Ολίθθησης Συχνότητας κατά Gauss) χρησιμοποιείται για το μετακινούμενο στις συχνότητες φέρων στενής ζώνης του κάθε καναλιού. Με μια απόκλιση συχνότητας γύρω στα 150 kHz, το εύρος ζώνης του φέροντος 3 dB είναι 220 kHz. Αυτή η αρκετά απλή διαμόρφωση επιλέχθηκε για να διατηρηθεί όσο το δυνατόν χαμηλότερο το κόστος των ολοκληρωμένων του πομποδέκτη. Η ισχύς εκπομπής, με ονομαστική τιμή 1 mW (0 dB), επιτρέπει την ύπαρξη μιας αποτελεσματικής εμβέλειας το λιγότερο δέκα μέτρων υπο κανονικές συνθήκες. Σε ορισμένες ειδικές περιπτώσεις, ισχύς μετάδοσης μέχρι και 100 mW, ή +20dB, , κάτι που δίνει τη δυνατότητα για την επίτευξη εμβελειών έως και 100 μέτρων. Η ραδιο - μονάδα Bluetooth μπορεί να προσαρμόσει την ισχύ μετάδοσής της στο περιβάλλον μετάδοσης, μέσα σε κάποια όρια. Η προ-

στασία λάθους στο σύστημα Bluetooth είναι επίσης προσαρμοστική, πράγμα που σημαίνει ότι η προστασία λάθους καταργείται χάριν ενός ταχύτερου ρυθμού μετάδοσης δεδομένων αν υπάρχει μια ραδιοφωνική σύνδεση (link) πολύ υψηλής ποιότητας. Η Εμπρόσθια Διόρθωση Λάθους (FEC - forward error correction) δύο-σταδίων ενεργοποιείται μόνο αν εμφανιστούν παρεμβολές στη ραδιο σύνδεση. Αυτό φυσικά μειώνει το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων. Επιπρόσθετα, χρησιμοποιείται η τεχνική ARQ (automatic Retransmission Query - ερώτηση αυτόματης επαναμετάδοσης), εκτός αν πρόκειται για κανάλια φωνής. Η τεχνική ARQ επιτρέπει την αίτηση για επαναμετάδοση ενός πακέτου. Η επικεφαλίδα του κάθε πακέτου δεδομένων προστατεύεται πάντα με τη χρήση FEC, έτσι ώστε ακόμα και αν ο FEC απενεργοποιηθεί, η επαναμετάδοση να μπορεί πάντα να προκληθεί μέσω ARQ αν εμφανιστούν παρεμβολές.

SCO και ACL

Το Πρωτόκολλο Βασικής Ζώνης του Bluetooth καθορίζει δυο είδη μεταφοράς δεδομένων: σημείο-με-σημείο και ένα- σημείο- με- πολλά- σημεία. Η μεταφορά σημείου- με- σημείο αναφέρεται ως Synchronous Connection Oriented (SCO- Προσανατολισμένη Προς Σύγχρονη Σύνδεση). Αρχικά προορίζονταν να χρησιμοποιηθεί για μετάδοση δεδομένων φωνής. Η σύνδεση είναι οπότε

συμμετρική, κάτι που σημαίνει ότι ο ρυθμός δεδομένων είναι ο ίδιος σε κάθε κατεύθυνση. Στην πράξη, μια αμφίδρομη σύνδεση υλοποιείται με τη χρήση εναλασσόμενων παράθυρων χρόνου, με τα δεδομένα της μιας κατεύθυνσης να περιέχονται στο ένα παράθυρο και τα δεδομένα για την άλλη κατεύθυνση να περιέχονται στο επόμενο. Σε αντίθεση με τις μεταφορές δεδομένων, που δεν είναι περιορισμένες χρονικά, δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί η τεχνική ARQ για μεταδόσεις δεδομένων αν εμφανίζονται παρεμβολές σε συγκεκριμένες συχνότητες. Αντ' αυτού, χρησιμοποιείται η μέθοδος CVSD (Continuous Variable-Slope Delta) για κωδικοποίηση φωνής, αφού επιδεικνύει καλή συμπεριφορά σ' ότι αφορά το ψηφίο λάθους (bit error) και παράγει μόνο μια μικρή αύξηση στο επίπεδο του θορύβου υποστρώματος στην περίπτωση λαθών. Η δειγματοληψία για μεταφορές δεδομένων φωνής είναι 64 Kbit / s, η ίδια όπως στο ISDN. Οι μεταφορές ενός- σημείου- σε- πολλά- σημεία είναι ασύγχρονες και ανεξάρτητες σύνδεσης, στηρίζονται σε πακέτα δεδομένων. Τέτοιες συνδέσεις αναφέρονται ως ACL (Asynchronous Connectionless -Ασύγχρονες Χωρίς Σύνδεση) στην ορολογία του Bluetooth. Αυτός ο τύπος μετάδοσης χρησιμοποιείται από μια κύρια συσκευή για την ταυτόχρονη επικοινωνία με διάφορες εξαρτούμενες συσκευές. Εκτός από τη χρήση του για την αποστολή μηνυμάτων σε όλες τις εξαρτούμενες συσκευές, αυτός ο τύπος μεταφοράς χρησιμοποιείται επίσης για την αποστολή πακέτων δεδομένων σε μια συγκεκριμένη εξαρτούμενη συσκευή. Για να αυξηθεί ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων, ένα πακέτο μπορεί να χρησιμοποιήσει όχι μόνο τη παράθυρο χρόνου των 625 μs, αλλά επίσης τρεις ή και πέντε ακόμη θυρίδες, όπως δείχνεται στο Σχήμα 3. Για να μπορέσει να γίνει αυτό, το άλμα συχνότητας αναστέλλεται και η συχνότητα στην αρχή του πακέτου μεταφοράς (fi) διατηρείται κατά τη διάρκεια των διαστημάτων ανάμεσα στα τρία ή πέντε παράθυρα χρόνου σταθερά. Αυτό επιτρέπει την χρησιμοποίηση των "τρυπών" ανάμεσα σε διαδοχικά παράθυρα χρόνου, που ειδάλλως είναι δεσμευμένες για την άλμα συχνότητων, για μεταφορά δεδομένων. Για να διατηρηθεί ο γενικός συγχρονισμός, η άλμα συχνότητων ξαναρχίζει μετά την ολοκλήρωση της μεταφοράς με τη συχνότητα που κανονικά θα χρησιμοποιούταν για την τέταρτη παράθυρο χρόνου (fi+4) ή την πέμπτη παράθυρο χρόνου (fi+5). Οι μεταφορές δεδομένων από μια εξαρτούμενη συσκευή σε μια κύρια, ή από μια εξαρτούμενη σε μια άλλη εξαρτούμενη μέσω της κύριας, απαιτούν την άδεια της κύριας. Για συνδέσεις ACL, η συμμετρία των ρυθμών δεδομένων στις δυο κατευθύνσεις ελέγχεται από την κύρια συσκευή. Στις ασύμμετρες συνδέσεις, ο ρυθμός δεδομένων στην μια κατεύθυνση μπορεί να φθάσει ακόμη και τα 721 kb / s, στην οποία περίπτωση ο ρυθμός δεδομένων στην άλλη κατεύθυνση θα είναι μόνο 57.6 kb/s. Και οι δυο αυτές τιμές βασίζονται σε μεταφορές πέντε παράθυρων χρόνου χωρίς Διόρθωση Εμπρόσθιου Λάθους (FEC). Αν χρησιμοποιηθούν η FEC και η

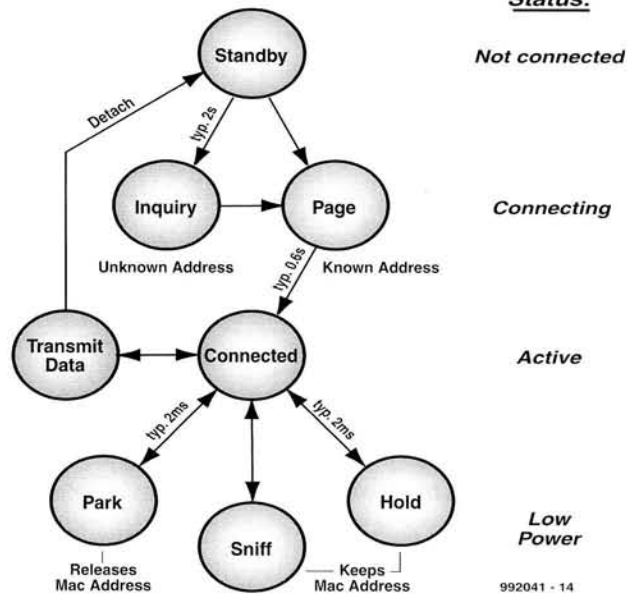
Πίνακας 2. Ταχύτητες δεδομένων συνδέσεων ACL

FEC	Παράθυρα	Ταχύτητα, συμμετρική	Ταχύτητα, ασύμμετη
κανένας	1	2 x 172.8 kb/s	172.8 kBit/s + 172.8 kBit/s
κανένας	3	2 x 384.0 kBit/s	576.0 kBit/s + 86.4 kBit/s
κανένας	5	2 x 432.6 kBit/s	721.0 kBit/s + 57.6 kBit/s
ναι	1	2 x 108.8 kBit/s	108.8 kbit/s + 108.8 kBit/s
ναι	3	2 x 256.0 kbit/s	384.0 kBit/s + 54.4 kBit/s
ναι	5	2 x 286.7 kbit/s	477.8 kbit/s + 36.3 kbit/s

προαναφερθείσα διαδικασία ARQ, φυσικά μειώνεται ο ρυθμός δεδομένων. Χρησιμοποιείται FEC δυο τρίτα του ρυθμού. Σε μια συμμετρική σύνδεση και χωρίς προστασία λάθους, ο μέγιστος ρυθμός δεδομένων είναι 432.6 kb/s σε κάθε κατεύθυνση. Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει τους επιπρόσθετους ρυθμούς δεδομένων για συνδέσεις ACL. Και με τους δυο τύπους συνδέσεων, ACL και SCO, υπάρχουν 16 διαφορετικά είδη πακέτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεταφορές δεδομένων. Μερικά από αυτά είναι δεσμευμένα για λειτουργίες ελέγχου. Το κάθε πακέτο έχει ένα πεδίο αναγνώρισης 72-μπιτ (Κωδικός Πρόσβασης), που προκύπτει από τη 48-μπιτη κύρια διεύθυνση και το οποίο προστατεύεται από FEC. Ακολούθως έρχεται ένα πεδίο επικεφαλίδας 54 μπιτ, το οποίο επίσης προστατεύεται από FEC 1/3 του ρυθμού. Μετά από αυτό, σε ένα φυσιολογικό πακέτο, έρχονται έως και 2745 μπιτ "ωφέλιμων" δεδομένων (βλέπε Σχήμα 3). Τα πακέτα 3 παράθυρων χρόνου και πέντε παράθυρων χρόνου μπορούν να μεταφέρουν κατά αναλογία περισσότερα "ωφέλιμα" δεδομένα. Η μεταφορά δεδομένων του Bluetooth μπορεί επίσης και να κρυπτογραφηθεί, με τη χρήση ενός κλειδιού 128 μπιτ για αυθεντικοποίηση. Ο χρήστης μπορεί να καθορίσει ένα θέλει να χρησιμοποιήσει κρυπτογράφηση σε μια μόνο κατεύθυνση ή και στις δυο κατευθύνσεις. Αυτή η ρύθμιση αποθηκεύεται. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να καθορίσει επακριβώς τον εξοπλισμό με τον οποίο πραγματοποιεί την επικοινωνία, για παράδειγμα, ένα κινητό τηλέφωνο. Για παράδειγμα, θα μπορούσατε να επιτρέψετε στο τηλέφωνό σας να έχει πρόσβαση στο ψηφιακό σας σημειωματάριο, ενώ παράλληλα να απαγορεύσετε οποιαδήποτε πρόσβαση στους συναδέλφους σας. Με το Bluetooth, είναι δυνατό να έχουμε είτε ένα ασύγχρονο κανάλι ACL ή μέχρι και τρία ταυτόχρονα, σύγχρονα κανάλια SCO και επιπλέον ένα ασύγχρονο κανάλι δεδομένων με ένα παράλληλο κανάλι δεδομένων φωνής 64 Kb/s.

Καταστάσεις των πικοδικτύων

Οι μονάδες bluetooth που δεν είναι μέλη κάποιου πικοδικτύου λειτουργούν σε κατάσταση αναμονής (standby), κατά την οποία αναζητούν πιθανές μεταδόσεις στο άμεσο περιβάλλον τους κάθε 1.28 δευτερόλεπτα, δοκιμάζοντας 32 από τις πιθανές 79 το σύνολο συχνότητες, οι οποίες έχουν καθοριστεί ως φέροντα εκκίνησης. Στη Γαλλία, την Ισπανία και την Ιαπωνία υπάρχουν 16 φέροντα εκκίνησης ανάμεσα στις 23 το σύνολο δυνατές συχνότητες. Μια μονάδα Bluetooth που δεν έχει ακόμη συνδεθεί μεταδίδει μια κλήση μέσω των φέροντων εκκίνησης, η οποία απαντιέται από οποιοδήποτε, ένα ή περισσότερα, κοντινά ράδια Bluetooth. Μετά από την εισαγωγική χειραψία, οι δυο συσκευές εγκαθιστούν ένα πικοδίκτυο, στο οποίο η συσκευή που έκανε πρώτη την κλήση αναλαμβάνει το ρόλο της κύριας. Βασισμένη στη διεύθυνσή της, εγκαθιστά τη συχνότητα άλμας γι' αυτό το πικοδίκτυο. Η εξαρτώμενη συσκευή, και οποιοσδήποτε συσκευές



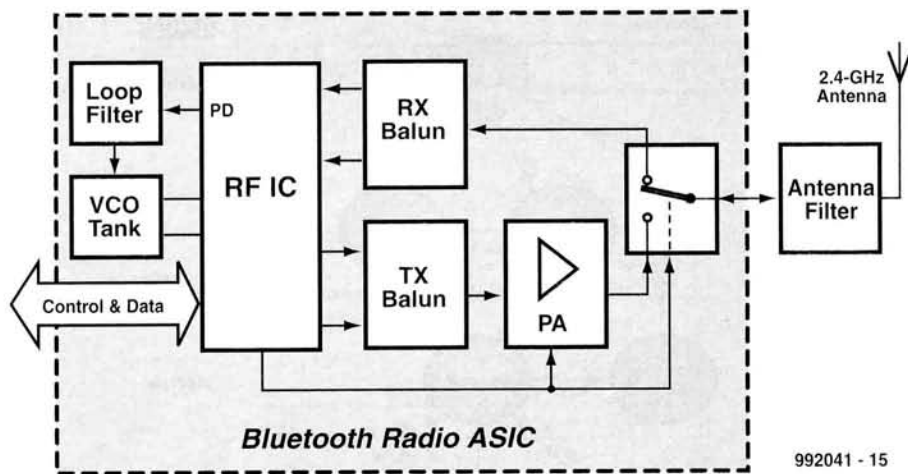
Σχήμα 4. Διάγραμμα κατάστασης των μονάδων Bluetooth

που θα μπου αργότερα στο συγκεκριμένο πικοδίκτυο, συγχρονίζονται με το ρυθμό του χρονιστή της κύριας συσκευής. Το Σχήμα 4 δείχνει το διάγραμμα κατάστασης μιας μονάδας bluetooth. Ξεκινώντας από την κατάσταση αναμονής, μετακινείται στην κατάσταση αναζήτησης με τον εντοπισμό μια δεύτερης συσκευής. Σ' αυτή την κατάσταση, εκπέμπει μια γενική κλήση που ακολουθείται από μια αίτηση διεύθυνσης. Μόλις καθοριστεί η διεύθυνση της άλλης συσκευής, ή αν αυτή ήταν ήδη γνωστή στην κατάσταση αναμονής, η μονάδα μεταφέρεται στην κατάσταση Σελίδας. Μετά από μια τυπική καθυστέρηση 0.6 δευτερόλεπτων, η σύνδεση γίνεται ενεργή (κατάσταση Σύνδεσης). Τώρα μπορεί να λάβει χώρα η μετάδοση δεδομένων (στην κατάσταση Μετάδοση Δεδομένων). Μετά από μια επιτυχή μετάδοση δεδομένων, η μονάδα bluetooth μπορεί είτε να επιστρέψει στην κατάσταση Αναμονής ή να μπει σε μια από τις τρεις καταστάσεις χαμηλής ισχύος (εξοικονόμησης ενέργειας). Η πρώτη κατάσταση χαμηλής ισχύος είναι η κατάσταση Συγκράτησης, στην οποία η συσκευή παραμένει ένα ενεργό μέρος του πικοδικτύου. Όταν ένας εσωτερικός χρονομετρητής στην εξαρτώμενη συσκευή φθάσει στο τέλος μέτρησης, η εξαρτώμενη κάνει εν συντομία γνωστό τον εαυτό της στην κύρια συσκευή προτού επανεκκινήσει το χρονομετρητή. Αν παραστεί ανάγκη, η εξαρτώμενη συσκευή μπορεί να αφήσει αμέσως την κατάσταση συγκράτησης για να μεταδώσει δεδομένα. Η κύρια συσκευή μπορεί να εξαναγκάσει μια εξαρτώμενη να εισαχθεί στην κατάσταση Συγκράτησης, αλλά επίσης η εξαρτώμενη συσκευή μπορεί να μπει σ' αυτή εθελοντικά. Στη δεύτερη κατάσταση χαμηλής ισχύος, την κατάσταση Αναζήτησης, η εξαρτώμενη συσκευή είναι προγραμματισμένη να "αφουγκράζεται" περιοδικά το πικοδίκτυο για να καθορίσει αν υπάρχει μεταφορά δεδομένων σε αναμονή για αυτή. Η τρίτη κατάσταση χαμηλής ισχύος είναι η κατάσταση Στάθ-

μευσης. Σ' αυτή την κατάσταση, η εξαρτώμενη συσκευή βγαίνει από το δίκτυο και απελευθερώνει τη διεύθυνση Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου (Media Access Control -MAC) (κάθε μέλος του πικοδικτύου έχει μια διεύθυνση MAC, με τιμή από 0 έως 7). Μετά από αυτό, παραμένει παθητική, και η μόνη της δραστηριότητα είναι να διατηρεί το συγχρονισμό με την κύρια συσκευή του πικοδικτύου ανά σχετικά μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Ενδιαφέρουσες εφαρμογές του Bluetooth

Κατ' αρχάς ο Bluetooth θα πρέπει λογικά να εξαλείψει τα καλώδια σύνδεσης ανάμεσα σε προσωπικούς ή φορητούς υπολογιστές και εκτυπωτές, σκάννερ και καθορισμένα Τοπικά Δίκτυα (Local Area Network -LAN). Μ' αυτόν, ακόμα και τα (ασύρματα) πληκτρολόγια, τα ποντίκια, joystick ή ιχνοσφαίρες (trackball) μπορούν να απελευθερωθούν από την ανάγκη να βρίσκονται σε οπτική επαφή με τον υπολογιστή. Άλλες εφαρμογές που μπορεί να φανταστεί κανείς έχουν να κάνουν με φορητούς υπολογιστές και κινητά τηλέφωνα. Για παράδειγμα, αν γράφετε τα ηλεκτρονικά σας μηνύματα (e-mail) στο αεροπλάνο χρησιμοποιώντας το φορητό σας υπολογιστή, δεν θα ανησυχείτε πλέον για τον τρόπο που θα πρέσετε να τα στείλετε. Με το που βγείτε από το αεροπλάνο και επανεργοποιήσετε το κινητό σας, ο φορητός σας θα μπορούσε να κάνει μια σύνδεση Bluetooth και να στείλει τα μηνύματα. Η χρήση μιας μονάδας bluetooth μέσα στο αεροπλάνο επίσης, θα πρέπει λογικά να επιτρέπεται, εξαιτίας του χαμηλού της επιπέδου ισχύος μετάδοσης (μέγιστη 100 mW). Στο μέλλον, θα μπορείτε επίσης να απαλλαγείτε από καλώδια όταν χρησιμοποιείτε ένα κινητό τηλέφωνο με σύνδεση hands-free. Θα μπορείτε να αφήνετε ενεργοποιημένο το κινητό σας στην τσέπη σας και να απολαμβάνετε μια ασύρματη σύνδεση με



Σχήμα 5. Σχηματικό διάγραμμα μιας ραδιοφωνικής μονάδας bluetooth

τα ακουστικά και το μικρόφωνο στην μονάδα hands-free. Η χρήση μιας μονάδας hands-free αποτελεί επίσης μια σημαντική συνεισφορά στην ασφάλεια σ' ότι αφορά τα οχήματα. Τέλος, θα μπορούσατε να εξοπλίσετε το φορητό σας υπολογιστή με ηχεία και μικρόφωνο. Το σήμα της φωνής θα μπορούσε να περνά στο κινητό σας τηλέφωνο στην τσάντα σας μέσω μια ασύρματης σύνδεσης bluetooth. Κάτι τέτοιο θα καθιστούσε δυνατή τη μετάδοση ομιλίας, δεδομένων και γραφικών με χρήση μόνο μιας συσκευής, του φορητού υπολογιστή. Μια πολύ πρακτική πρόταση είναι να χρησιμοποιείτε τον Bluetooth για αυτόματο συγχρονισμό αρχείων ανάμεσα σε ένα φορητό υπολογιστή, ένα προσωπικό υπολογιστή και έναν PDA (Personal Digital Assistant - Προσωπικός Ηλεκτρονικός βοηθός). Όταν αυτές οι συσκευές βρίσκονται στον ίδιο χώρο, μπορούν να ανταλλάξουν ηλεκτρονικά μηνύματα ανεξάρτητα, καθώς επίσης και διευθύνσεις και σημειώσεις, έτσι ώστε να ενημερωθούν ανάλογα. Θα ήταν δυνατό για παράδειγμα, ένας τεχνικός για επισκευές κατ' οίκον, να χρησιμοποιεί ένα κινητό τηλέφωνο Bluetooth για να ενημερώνει αυτόματα ή και να αλλάζει τα ραντεβού του, στηριγμένος σε πληροφορίες από το κεντρικό γραφείο. Σε μελλοντικές συνεδριάσεις και συσκε-

ψεις, οι συμμετέχοντες θα μπορούν να φέρνουν μαζί τους το φορητό τους υπολογιστή bluetooth και να στήνουν άμεσα ένα δίκτυο. Κάτι τέτοιο θα επέτρεπε την ανταλλαγή γραφικών, κειμένων και δεδομένων, ή τον ασύρματο χειρισμό εξ' αποστάσεως ενός προτζέκτορα. Η ασύρματη πρόσβαση στο Διαδίκτυο με τη χρήση του Bluetooth θα επιφέρει μεγαλύτερη ελευθερία κινήσεων. Οι σελίδες του διαδικτύου θα μπορούν να φθάνουν στον υπολογιστή σας μέσω ασύρματων συνδέσεων από ένα κινητό τηλέφωνο, ένα τοπικό Modem ή το δίκτυο LAN της εταιρείας σας. Ένα κινητό τηλέφωνο Bluetooth θα μπορούσε να εναλλάσσει αυτόματα τη λειτουργία του από GSM σε λειτουργία DECT, τόσο στο σπίτι όσο και στο γραφείο, μόλις αποκτήσει επαφή με ένα τοπικό σταθμό ασύρματης τηλεφωνίας. Κάτι τέτοιο θα σας επέτρεπε να χρησιμοποιείτε απλά την ίδια μονάδα για όλες της τηλεφωνικές σας συνομιλίες. Από τον κόσμο της ηλεκτρονικής ψυχαγωγίας, υπάρχουν προτάσεις για τη χρήση του Bluetooth ως βάση για ασύρματες συνδέσεις με μια βιντεοκάμερα για παράδειγμα ή με μια φωτογραφική μηχανή. Η κάμερα θα μπορεί να περνάει την εικόνα στο κεντρικό δίκτυο μέσω ενός κινητού τηλεφώνου, ή να την αποθηκεύει σε ένα φορητό υπολογιστή, όλα αυτά μέσω μιας ασύρ-

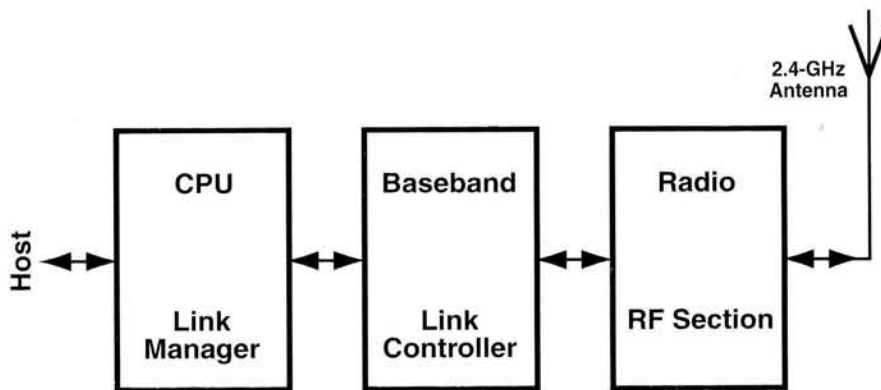
ματης σύνδεσης. Θα είναι δυνατό να στέλνονται φωτογραφίες ως άμεσες "ηλεκτρονικές κάρτες" μέσω του Bluetooth στο κινητό σας τηλέφωνο και από εκεί στους τελικούς τους προορισμούς. Ο έλεγχος εξ' αποστάσεως τηλεοράσεων και στερεοφωνικών θα μπορεί επίσης να υλοποιείται μέσω του bluetooth, κάτι που θα σας απαλλάσσει από την ενοχλητική ανάγκη να ψάχνετε για μια θέση απ' όπου η συσκευή σας να είναι ορατή.

Οι πρώτες συσκευές Bluetooth

Η Ericsson σε συνεργασία με τη Symbionics ανέπτυξε ένα σετ συναρμολόγησης bluetooth. Περιλαμβάνει εκτεταμένη τεκμηρίωση και λογισμικό υποστήριξης του σχεδιασμού. Ο επεξεργαστής της βασικής ζώνης έχει σχεδιαστεί από τη VLSI, και προέρχεται από την οικογένεια bluetooth [6] VWS26000. Η ραδιοφωνική μονάδα (βλέπε Σχήμα 5), η οποία είναι ένα υβρίδιο, είναι προϊόν της Ericsson [PBA 313][4]. Μπορείτε επίσης να αποκτήσετε ένα σετ συναρμολόγησης Bluetooth από τη Philips Semiconductors. Η μονάδα της βασικής ζώνης είναι και εδώ ένα ASIC της VLSI, και η ραδιοφωνική μονάδα περιέχει το πομποδέκτη bluetooth UAA-3558. Αυτό το σετ περιέχει δυο πανομοιότυπες θυγατρικές πλακέτες Bluetooth που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εγκαταστήσουν μια αρχική ραδιοφωνική σύνδεση. Το Σχήμα 6 δείχνει την τυπική δομή μιας μονάδας Bluetooth. Η εταιρεία Cambridge silicon Radio [7] εργάζεται πάνω στην κατασκευή συσκευών bluetooth ενός μόνο τσιπ με ενσωματωμένες ραδιοφωνικές μονάδες. Τα ASIC Bluecore tm01, Bluecore tm02 και Bluecoretm03 προρίζονται να συμπεριλάβουν όλο και περισσότερες επιπρόσθετες λειτουργίες bluetooth. Το μέγεθος μιας ολοκληρωμένης μονάδας θα πρέπει τελικά να συρρικνωθεί σε αυτό ενός γραμματισήμου. Τέλος, πολυάριθμοι κατασκευαστές ημιαγωγών, όπως η Temic, η Philips, και η Motorola, προσφέρουν ολοκληρωμένα κυκλώματα πομποδεκτών στα 2.4 GHz ειδικά για χρήση στις ραδιοφωνικές μονάδες Bluetooth. Όλες οι μονάδες Bluetooth πρέπει να περάσουν μια διαδικασία πιστοποίησης BSIG για να διασφαλίσουν τη συμβατότητα.

Συναγωνισμός για τον bluetooth

Υπάρχει επίσης συναγωνισμός για τον bluetooth ως μιας τεχνολογίας ραδιοφωνικής δικτύωσης περιορισμένης εμβέλειας. Εδώ και κάποιο καιρό, είναι δυνατή η μεταφορά δεδομένων ανάμεσα σε ένα υπολογιστή και στα περιφερειακά του με τη χρήση ενός προσαρμογέα (interface) υπέρυθρων που είναι συμβατό με το πρωτόκολλο Infrared Data Association (IrDA - Επιτροπή Δεδομένων Υπέρυθρων). Ωστόσο, οι συνδέσεις υπέρυθρων απαιτούν οπωσδήποτε οπτική επαφή με τη συσκευή, χωρίς ενδιάμεσα εμπόδια, και μπορούν να λειτουργήσουν σε μια απόσταση έως



Σχήμα 6. Σχηματικό διάγραμμα μιας μονάδας Bluetooth

λίγα μέτρα το πολύ, με οπτικές γωνίες μόλις 60 μοιρών. Το πλεονέκτημα του Bluetooth εδώ πέρα έγκειται στο ότι μπορεί να περάσει ακόμα και μέσα από τοίχους σε γειτονικά δωμάτια (βλέπε παραπομπή 8 για μια σύγκριση του IrDA και του Bluetooth). Στις ΗΠΑ, διάφορες εταιρείες ένωσαν τις δυνάμεις τους για να προώθησουν το homeRF [9] ως ένα πρότυπο παρόμοιο με το bluetooth. Το SWAP (Shared Access Working Protocol - Πρωτόκολλο Εργασίας Διαμερισμένης Πρόσβασης), που δημιουργήθηκε από την ομάδα Εργασίας του homeRF (HRFWG - HomeRF Working Group), επιτρέπει την ύπαρξη 127 συσκευών ανα δίκτυο με μια λειτουργική εμβέλεια 50 μέτρων. Περιέργως, μερικοί από τους ιδρυτές του bluetooth συγκαταλέγονται επίσης και ανάμεσα στους ιδρυτές του HRFWG: η Ericson, η IBM και η Intel, μαζί με την Compaq, τη Hewlett-Packard, τη Microsoft, τη Motorola και τη Philips, παίζουν ένα σημαντικό ρόλο. Όπως και να 'χει αυτή η ομάδα δεν αριθμεί παρά λίγες εκατοντάδες μέλη, ενώ η BSIG μπορεί ήδη να καυχείται για περισσότερα από 1000 ενδιαφερόμενα μέρη. Επιπρόσθετα, αν θέλετε να αποκτήσετε ένα αντίγραφο των προδιαγραφών του homeRF θα πρέπει πρώτα να πληρώσετε 500 δολάρια για εγγραφή μέλους. Το πρότυπο DECT για ασύρματα τηλέφωνα είναι επίσης υποψήφιο για ασύρματα LAN. Λειτουργεί σε μια αφοσιωμένη ζώνη συχνότητας γύρω στα 1.8 GHz, και έχει μεγαλύτερη λειτουργική εμβέλεια (μέχρι και 500 μέτρα) εξαιτίας της μεγαλύτερης ισχύος εκπομπής του. Το DECT και ο Bluetooth λειτουργούν εξίσου καλά σ' ότι αφορά την ασύρματη φωνητική επικοινωνία, και τις μεταφορές δεδομένων σε χαμηλές ταχύτητες (έως 64 kb/s), αλλά ο Bluetooth μπορεί να προχωρήσει και παραπέρα φθάνοντας την ταχύτητα των 721 kb/s. Μια διεθνής συνεργασία που βασίζεται στις 3Com, IBM, Intel, AMD, Compaq, Hewlett-Packard, Cisco και Lucent προωθεί τη δικτύωση με τη χρήση τηλεφωνικών γραμμών. Αυτοαποκαλούνται HomePNA (Home PhoneLine Networking Alliance - Ένωση για την Οικιακή Δικτύωση μέσω Τηλεφωνικών Γραμμών) [10], και το συστήμα τους θα χρησιμοποιηθεί αρχικά στις ΗΠΑ, όπου είναι πολύ συνηθισμένο να υπάρχουν σε κάθε δωμάτιο υποδοχές για τηλέφωνο. Η HomePNA χρησιμοποιεί την περιοχή συχνοτήτων ανάμεσα στα 6 και τα 10 MHz, που βρίσκεται παραπάνω από δεσμευμένες συχνότητες για τις υπηρεσίες ADSL (Asynchronous Digital Subscriber Line - Ασύγχρονη ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή). [11]. Διάφορα επικοινωνιακά συστήματα στηριγμένα στην κεντρική παροχή ρεύματος, προσπαθούν επίσης να γίνουν δεκτά στα οικιακά δίκτυα. Το πλεονέκτημά τους είναι ότι οι πρίζες βρίσκονται σε κάθε δωμάτιο. Ωστόσο, το υψηλό επίπεδο παρεμβολών στα καλώδια της κεντρικής παροχής, συνεπάγεται ότι είναι δυνατό να επιτευχθούν μόνο περιορισμένοι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων.

Βιβλιογραφία και παραπομπές:

- [1] www.bluetooth.com
- [2] www.bluetooth.net
- [3] www.zdnet.co.uk/news/specials/1999/04/bluetooth/
- [4] <http://bluetooth.ericson.se/default.asp>
- [5] www.intel.com/mobile/bluetooth/
- [6] www.visi.com
- [7] www.cambridgesiliconradio.com/
- [8] Σύγκριση μεταξύ του IrDA και του Bluetooth: www.countersys.com/tech/bluetooth.htm
- [9] HomeRF: www.homerf.org
- [10] HomePNA: www.homepna.org
- [11] Γρήγορη Πρόσβαση στο διαδίκτυο με την τεχνολογία ADSL, Ελέκτορ, Δεκέμβρης 1999
- [12] www.bluetooth.rsd.de/ και www.bluetooth-testing.com

Ο Bluetooth έχει τις καλύτερες προοπτικές απ' όλα τα ασύρματα συστήματα LAN, που επιβάλλουν με γρήγορους ρυθμούς την παρουσία τους παγκοσμίως. Παράλληλα με τις εκτεταμένες εφαρμογές στο χώρο των επικοινωνιών δεοδμένων, πιθανότητα θα βρει και περιοχές εφαρμογές στο χώρο της ηλεκτρονικής ψυχαγωγίας και της εμπορικής μεταφοράς. Μπορείτε να περιμένετε ότι θα δείτε πολυάριθμες άλλες εφαρμογές στο επόμενο έτος, ακολουθώντας τις αρχικές που παρουσιάστηκαν από την Ericson και τη Nokia. Σ' ότι αφορά αυτό, το CEBIT 2000 Trade Fair θα πρέπει να αποδειχθεί ενδιαφέρον, και

μπορείτε να περιμένετε ότι θα έχετε τη δυνατότητα να αγοράσετε τα πρώτα συστήματα Bluetooth στο κοντινό μέλλον. Σύνταξη Άρθρου (πρωτότυπο στα γερμανικά): E.Krepelsauer

Ο Βασιλιάς Κυανοδόντης και οι Φίλοι του



Το όνομα "Bluetooth" (Κυανοδόντης) επιλέχθηκε εις μνήμην του Δανού βασιλιά Harald Blaatand (αγγλιστί: Herald Bluetooth), που έζησε το 910 με 986 μ.Χ. και εκχριστιάνισε και ένωσε μεγάλα τμήματα της Σκανδιναβίας. Η ζωγραφιά (ευγενή παραχώρηση των Rohde & Schwarz) δείχνει ένα ρούνο σ' ένα θράχο που βρέθηκε στη γενέτειρα πόλη του βασιλιά κυανοδόντη στην πόλη του Jelling στην κεντρική Jutland. Δείχνει καθαρά ότι ο βασιλιάς μπορεί να θεωρηθεί ως ένας πρώιμος συνήγορος της ασύρματης επικοινωνίας ανάμεσα στα κινητά τηλέφωνα και τους φορητούς υπολογιστές. Η επιλογή του ονόματος έχει επίσης να κάνει φυσικά με τους δυο κύριους εμπνευστές του συστήματος, την Ericson mobile Communications της Σουηδίας και τη Nokia mobile phones της Φινλανδίας. Ως κατασκευαστές τηλεφώνων, συνεισέφεραν προπαρασκευαστική δουλειά στο θέμα των ασύρματων LAN. Στο μεταξύ, ο βασιλιάς Κυανοδόντης έχει βρει πολλούς φίλους, όπως φαίνεται από το ακόλουθο απόσπασμα από τη λίστα μελών από την Ομάδα Ειδικού Ενδιαφέροντος για το Bluetooth (BSIG) (δες παραπομπή 1 για ολόκληρη τη λίστα):

AKG Acoustics, Alcatel, Analog Devices, AMD, Bang & Olufsen, Boeing, Bosch, Casio, Compaq, Dell, Fujitsu, Grundig, Hagenuk, Hewlett-Packard, ICO, LEGO, LG Electronics, Logitech, Lucent, Mitsubishi, Motorola, NCR, National