

physics

news

Ε.Ε.Φ.

ΤΡΙΜΗΝΗ ΕΚΔΟΣΗ ΤΗΣ ΕΝΩΣΗΣ ΕΛΛΗΝΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ

ΤΕΥΧΟΣ 06 - ΜΑΡΤΙΟΣ 2014 - ΤΙΜΗ 6€

FRACTALS

Ο κόσμος, ο μικρός, ο μέγας

Συνεχές και γραμμικό
φάσμα των αστεριών

Νέα

Προσεγγίζουμε μη κατόνο με μεταβολές

Στα 318 Gwatt η αιολική ενέργεια

NANOTEΧΝΟΛΟΓΙΑ



4G δίκτυα

Θεοχάρης Γ. Διονύσιος

Απόφοιτος του Φυσικού τμήματος Αθηνών με κατεύθυνση ηλεκτρονική

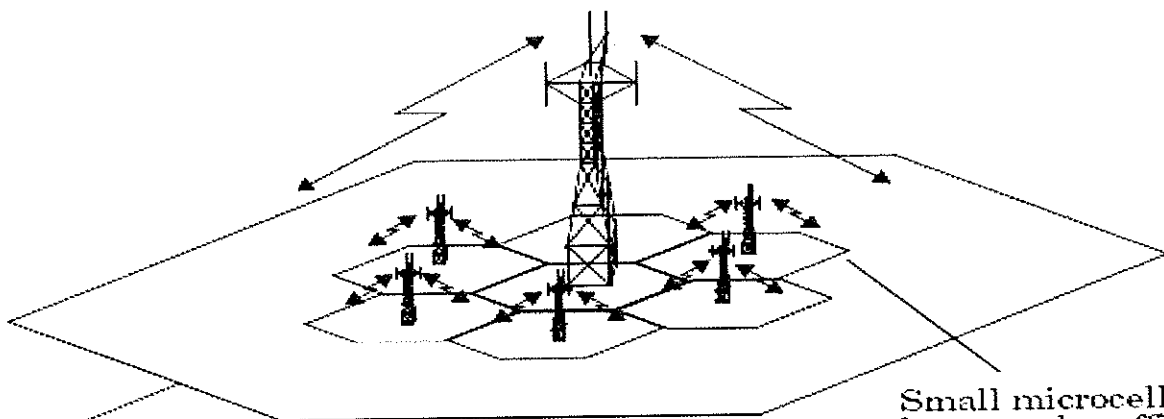
Η Διαπομπή (ή μεταπομπή) είναι ένα απαραίτητο στοιχείο των ασύρματων τηλεπικοινωνιών και ειδικότερα των κυψελωτών συστημάτων. Οι αποδοτικοί αλγόριθμοι διαπομπής είναι ένας δαπανηρός αλλά αποδοτικός τρόπος για να αυξήσουμε την χωρητικότητα και την ποιότητα ήματος (QoS) των κυψελωτών συστημάτων.

Τι ακριβώς όμως είναι η διαπομπή ή αλλιώς μεταπομπή;

Η Διαπομπή είναι μια διαδικασία μεταφοράς ενός σταθμού κινητής τηλεφωνίας (MS) από ένα σταθμό βάσης (BS) ή κανάλι σε ένα άλλο. Κατά τη διάρκεια μιας τηλεφωνικής κλήσης ο σταθμός κινητής τηλεφωνίας (MS) πιθανόν να διασχίσει αρκετές κυψέλες. Αυτή η ενεργή κλήση θα πρέπει να μεταφερθεί από τη

Αν ο καινούριος σταθμός βάσης (BS) έχει ελεύθερα κανάλια, χρησιμοποιεί ένα από αυτά για τη διαπομπή. Ωστόσο αν όλα τα κανάλια είναι απασχολημένα όταν πραγματοποιείται η διαπομπή, δύο δυνατότητες υπάρχουν: να τερματιστεί η κλήση ή να καθυστερήσει για λίγο. Πολλές διαφορετικές τεχνικές διαπομπής έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία και δύο από τις πιο σημαντικές παραμέτρους για την αξιολόγησή τους είναι η πιθανότητα τερματισμού της ενεργής κλήσης που διαπέμπεται (forced termination probability) και η πιθανότητα να μην μπορεί να πραγματοποιηθεί νέα κλήση (call blocking probability). Ο σκοπός μιας διαδικασίας διαπομπής είναι να ελαχιστοποιήσει την πρώτη, αφήνοντας τη δεύτερη σταθερή.

με τη χρήση αλγορίθμων σε πιο πολύπλοκα συστήματα. Έτσι αν ένας χρήστης μέσα στη μεγάλη κυψελωτή ομπρέλα επιβραδύνεται γρήγορα, ο σταθμός βάσης μπορεί να αποφασίσει τη μεταπομπή στις μικρές κυψέλες χωρίς τη μεσολάβηση του MSC. Η αρχικοποίηση μεταπομπής είναι η διαδικασία της απόφασης του πότε να ζητηθεί μεταπομπή του σήματος. Βασίζεται σε μετρήσεις της λαμβανόμενης έντασης σήματος (received signal strength -RSS) που γίνονται στο τρέχων σταθμό βάσης (BS1) και σε γειτονικούς σταθμούς (BS2). Η ένταση εξασθενίζει όσο ο σταθμός κινητής τηλεφωνίας (MS) απομακρύνεται από το BS1 και ενισχύεται όσο πλησιάζει το BS2 ως αποτέλεσμα των ιδιοτήτων διάδοσης σήματος. Για την



Large "umbrella" cell for high speed traffic

Small microcells for low speed traffic

μια κυψέλη στην άλλη κατά το συνοριακό αυτό πέρασμα για να μην τερματιστεί.

Η αλλαγή του καναλιού λόγω Handoff σε έναν άλλο σταθμό βάσης (BS), γίνεται μέσω μιας χρονικής εγκοπής (timeslot), μιας συχνότητας, μιας λέξης κλειδί ή ενός συνδυασμού όλων αυτών σε συστήματα πολλαπλής πρόσβασης με διαίρεση χρόνου (TDMA), διαίρεση συχνότητας (FDMA) ή διαίρεση κωδικής λέξης (CDMA). [Τρόποι πολυπλεξίας για μετάδοση ηλεκτρονικιακού σήματος].

Η παραπάνω εικόνα απεικονίζει μια κυψελωτή ομπρέλα τοποθετημένη μαζί με μερικές μικροκυψέλες.

Η προσέγγιση αυτή εξασφαλίζει ότι ο αριθμός των Handoffs ελαχιστοποιείται για χρήστες υψηλής ταχύτητας ενώ ταυτόχρονα προσφέρει πρόσθετα κανάλια μικροκυψελών για πεζούς χρήστες. Η ταχύτητα κάθε χρήστη μπορεί να μετρηθεί από το σταθμό βάσης ή το σταθμό κινητής τηλεφωνίας (MSC), εκτιμώντας πόσο γρήγορα η μέση ισχύς του σήματος μεταβάλλεται με το χρόνο ή ακόμα

αποφυγή στιγμιαίων κυματώσεων λόγω γεωγραφικών και περιβαλλοντικών παραγόντων υπολογίζεται το μέσο λαμβανόμενο σήμα, χρησιμοποιώντας ένα παράθυρο. Η όλη διαδικασία πρέπει να γίνεται επιτυχώς, με όσο το δυνατό μικρότερη συχνότητα και να μη γίνεται αντιληπτή από χρήστη.

Πρώτη Γενιά (1G)

Τα κυψελωτά συστήματα πρώτης γενιάς (1G) ήταν αναλογικά, βασίζονταν στη διαμόρφωση FM και έπαιρναν αποφά-

σεις μεταπομπής για ένα κινητό βασιζόμενα στη λαμβανόμενη ισχύ στο κοντινότερο του τερματικού σταθμό βάσης. Τέτοιου είδους πρώιμο σύστημα ήταν το Advanced Mobile Phone System (AMPS) των Η.Π.Α. (χρησιμοποιείται μερικώς ακόμα και σήμερα).

Όλα τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν 2 ξεχωριστές μπάντες συχνοτήτων για την προς τα πάνω και την προς τα κάτω σύνδεση και γι' αυτό λέγεται ότι διαθέτουν σχήμα διπλής διαίρεσης συχνότητας (Frequency Division Duplex - FDD-scheme). Για παράδειγμα το AMPS χρησιμοποιεί τα παράθυρα 824-849MHz (Forward Link) και 869-894MHz (Reverse Link).

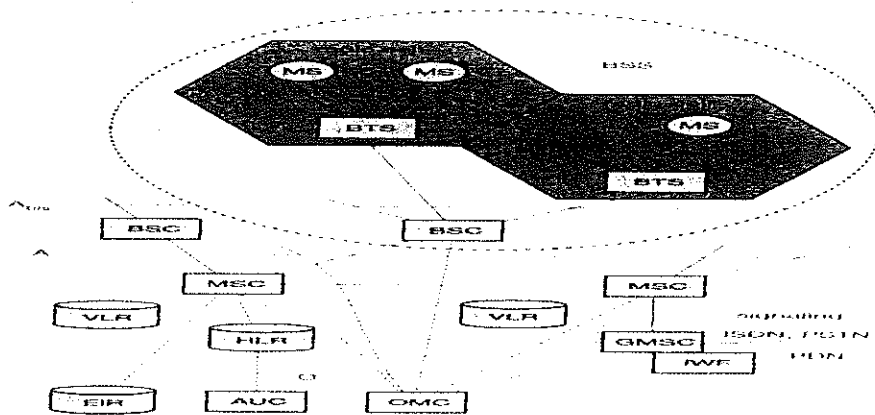
Στην ιδανική περίπτωση, όλες οι χώρες θα έπρεπε να χρησιμοποιούν το ίδιο πρότυπο και τα ίδια παράθυρα συχνοτήτων, παρ' όλα αυτά όμως μια ποικιλία προτύπων και συχνοτήτων υιοθετούνται ανά τον κόσμο. Ο λόγος για τη μη χρήση ίδιων συχνοτήτων λειτουργίας είναι οι διαφορετικοί περιορισμοί και διαθεσιμότητες του φάσματος σε κάθε χώρα. Ο λόγος της υιοθέτησης διαφορετικών προτύπων ήταν ότι εκείνη την περίοδο οι προμηθευτές κυψελωτής τηλεφωνίας υπέθεταν ότι οι υπηρεσίες θα προσφέρονταν κυρίως σε μία χώρα ενώ δεν είχαν οραματιστεί μία παγκόσμια υπηρεσία.

Αν τώρα η διαπομπή δεν πραγματοποιηθεί ποτέ και η ποιότητα σύνδεσης συνεχίσει να πέφτει (πιθανότητα λόγω της απομάκρυνσης του συνδρομητή από το Σ.Β.), η σύνδεση της κλήσης τερματίζεται. Η μεταπομπή περιλαμβάνει (α) Κατάσχεση του καταλληλότερου καναλιού στο νέο Σ.Β., (β) επίβλεψη της ποιότητας του νέου καναλιού και (γ) αλλαγή του "μονοπατιού ομιλίας" προς το νέο κανάλι.

Δεύτερη Γενιά (2G)

Τα δεύτερης γενιάς (2G) συστήματα είναι ψηφιακά. Εκτός από τηλεφωνία μπορούν να προσφέρουν και μεταφορά δεδομένων (με ταχύτητες γύρω στα 10kbps). Η σημερινή κινητή τηλεφωνία βασίζεται ακόμα στα 2G συστήματα και υπάρχει μια πληθώρα προτύπων: Το North American Interim Standard (IS-54) [αργότερα βελτιώθηκε στο IS-136], το

Japanese Digital Cellular (JDC) που χρησιμοποιούν τεχνολογία TDMA. Όπως και τα πρώτης γενιάς αναλογικά συστήματα, τα 2G είναι όλα FDD και λειτουργούν στα 800-900 MHz. Από το 1992 ισχύει (εμπορικά) πανευρωπαϊκά το GSM (Global System for Mobile Communication) που εκτός των άλλων προσφέρει εύκολη περιαγωγή για τη σύνδεση σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες και λειτουργεί στα 900MHz και 1800MHz (συχνότητα φέροντος κύματος). Μέχρι τώρα πάνω από 400 προμηθευτές σε 190 χώρες έχουν υιοθετήσει το GSM πρότυπο (70% της αγοράς τηλεπικοινωνιών).



Όπως δείχνει η παραπάνω εικόνα η σύνδεση μεταξύ RSS και NSS γίνεται μέσω της διεπαφής A και η σύνδεση προς τον OSS μέσω της διεπαφής O (κανάλια PCM για γρήγορη μεταφορά δεδομένων).

Διαπομπή στο GSM

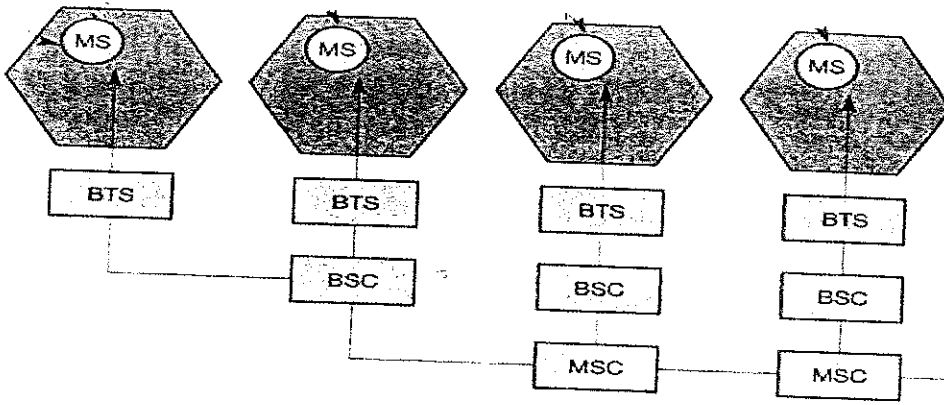
Παρότι περίπου 40λόγοι έχουν καταγραφεί στο πρότυπο για αρχικοποίηση διαπομπής, 2 είναι οι βασικότεροι:

- Το τερματικό κινείται έξω από την περιοχή κάλυψης ενός πομπού ή εναλλακτικά μιας συγκεκριμένης κεραιάς ενός πομπού. Το λαμβανόμενο σήμα εξασθενεί συνεχώς μέχρις ότου βρεθεί χαμηλότερα των ελάχιστων προδιαγραφών για επικοινωνία. Ο ρυθμός λάθους (Errorbitrate αφού εδώ πρόκειται για ψηφιακή μετάδοση) μπορεί να αυξηθεί λόγω παρεμβολής, η απόσταση από τον πομπό μπορεί να είναι πολύ μεγάλη (άνω των 35χμ) κτλ.- όλα αυτά τα ενδεχόμενα μπορεί να ελαχιστοποιήσουν την ποιότητα της ραδιοσύνδεσης και να κάνουν την εκ-

πομπή αδύνατη στο κοντινό μέλλον. Η εσωτερική δομή του συστήματος (ελεγκτής, Κέντρο τηλεφωνίας) μπορεί να αποφασίσει ότι η κυκλοφορία (ο φόρτος) σε μια κυψέλη είναι πολύ υψηλή και να μετακινήσει μερικά τερματικά σε άλλες κυψέλες με χαμηλότερο φορτίο (αν είναι δυνατό). Η διαπομπή δηλαδή γίνεται για την εξισορρόπηση φόρτου.

Στο GSM υπάρχουν 4 δυνατές περιπτώσεις μεταπομπής:

- Διαπομπή μέσα στην ίδια κυψέλη.** Μέσα στην κυψέλη, παρεμβολή στενής ζώνης θα έκανε τη μετάδοση σε συγκεκριμένη συχνότητα αδύνατη. Ο ελεγκτής μπορεί τότε να αποφασίσει να αλλάξει τη συχνότητα φέροντος.
- Μεταπομπή από μια κυψέλη σε άλλη, που έχουν όμως τον ίδιο Ελεγκτή.** Αυτή είναι τυπική περίπτωση μεταπομπής. Το τερματικό κινείται από μία κυψέλη σε άλλη παραμένοντας υπό τον έλεγχο του ίδιου BSC. Ο BSC τότε αναθέτει ένα νέο κανάλι στη καινούρια κυψέλη και ελευθερώνει το παλιό.
- Μεταπομπή δια των ελεγκτών αλλά στο ίδιο κέντρο τηλεφωνίας.** Αφού ο Ελεγκτής ελέγχει έναν περιορισμένο αριθμό κυψελών, το σύστημα πρέπει επίσης να πραγματοποιεί μεταπομπές μεταξύ κυψελών που ανήκουν σε διαφορετικούς BSC. Η μεταπομπή πρέπει τότε να ελέγχεται από το Κέντρο Τηλεφωνίας
- Μεταπομπή μεταξύ Κέντρων.** Ομοίως και εδώ η μεταπομπή μπορεί να χρειάζεται μεταξύ κυψελών που ανήκουν σε διαφορετικά κέντρα Κινητής τηλεφωνίας. Ο έλεγχος και η πραγματοποίηση της



πολλαπλή μετάδοση σημάτων συνδρομητών

- Παρέχει δυνατότητα πολλαπλής πρόσβασης με συντελεστή ανακύκλωσης ίσο με ένα
- Υποστηρίζει τα μέσα για τη μέτρηση εύρους ή απόστασης μεταξύ δύο σημείων
- Διαθέτει τη δυνατότητα χρήσης τεχνικών πολλαπλής λήψης, περιλαμβάνοντας αμφίδρομη λήψη αλλά και πολλαπλότητα στη συχνότητα και το χρόνο
- Παρέχει πρόσβαση στο χρήστη οποιαδήποτε στιγμή, χωρίς να περιμένει για ελεύθερο κανάλι αρκεί τα επίπεδα παρεμβολής να κυμαίνονται σε ανεκτά για το σύστημα επίπεδα.

διαδικασίας γίνεται τώρα από κοινού από τα 2 Κέντρα.

Για την εξασφάλιση όλων των απαραίτητων πληροφοριών για τη μεταπομπή λόγω ασθενούς σύνδεσης, το τερματικό και ο Πομπός μαζί εκτελούν περιοδικές μετρήσεις της ποιότητας της ανερχόμενης (uplink) και κατερχόμενης (downlink) ζεύξης. [Ανερχόμενη ζεύξη ονομάζεται η μεταφορά δεδομένων από το τερματικό στο Σταθμό Βάσης, ενώ Κατερχόμενη ζεύξη η αντίστροφη μεταφορά]. Η ποιότητα σύνδεσης περιλαμβάνει επίπεδο σήματος και BitErrorRate. Αναφορές μετρήσεων στέλνονται περίπου κάθε μισό δευτερόλεπτο από το τερματικό και περιλαμβάνουν την ποιότητα της τρέχουσας σύνδεσης (που χρησιμοποιείται για μετάδοση) και συγκεκριμένων καναλιών σε γειτονικές κυψέλες (όπως το κανάλι ελέγχου ευρείας μετάδοσης - Broadcast control channel - που χρησιμοποιείται από τον Πομπό για την αποστολή πληροφοριών σε όλα τα τερματικά μέσα σε μια κυψέλη).

Τρίτη Γενιά (3G)

Δέκα χρόνια μετά την αφετηρία του επιτυχημένου GSM βρισκόμαστε μπροστά στην πρόκληση της 3ης γενιάς, το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών (Universal Mobile Telecommunications System - UMTS).

Το Φεβρουάριο του 2001 ήδη είχαν δοθεί 61 άδειες UMTS σε λειτουργούς δικτύων 16 διαφορετικών χωρών. Τα δίκτυα UMTS εισάγουν σε ευρεία χρήση μια εντελώς νέα υψηλής ταχύτητας ράδιο-τεχνολογία, το ευρεία ζώνης CDMA (wideband CDMA). Από την άλλη πλευρά κομμάτι από τον πυρήνα του δικτύου του νέου συστήματος στηρίζεται στο επιτυχημένο δίκτυο GSM, το οποίο έχει εξελιχθεί από ελεγχόμενο από κύκλωμα δίκτυο φωνής (circuit switched voice network) σε καθολική πλατφόρμα για ασύρματες υπηρεσίες δεδομένων (global platform for mobile packet data services) όπως σύντομα μηνύματα, e-mail

και σύνδεση στο διαδίκτυο.

Και για αυτή τη γενιά όμως υπήρξαν διαφορές μεταξύ των χωρών όσο αναφορά στην εναρμόνιση της χρήσης του φάσματος. Αποφασίστηκε για το λόγο αυτό (στα μέσα του 1999 από το OHG - Operator Harmonization Group) ότι θα χρησιμοποιηθούν 3 διαφορετικές παραλλαγές του CDMA. Αυτές είναι :

- DS-WCDMA-FDD : Direct Sequence - Wideband Code Division Multiple Access - Frequency Division Duplex
- DS-WCDMA-TDD : Direct Sequence - Wideband Code Division Multiple Access - Time Division Duplex
- MC-CDMA : Multi Carrier - Code Division Multiple Access

Υπό αυτό το πρίσμα, το πρώτο περιγράφει τη διάχυση της πληροφορίας στο φάσμα συχνότητας, το δεύτερο μέρος καθορίζει ένα σχήμα πολλαπλής πρόσβασης ενώ το τελευταίο εκφράζει πώς χωρίζονται οι δύο κατευθύνσεις μετάδοσης (downlink και uplink). Πρέπει να τονίσουμε εδώ ότι η λέξη ευρεία ζώνη δεν έχει κάποια συγκεκριμένη σημασία. Αρχικά εισήχθη διότι η Ευρώ-Ιαπωνική έκδοση του CDMA χρησιμοποιούσε ευρύτερο παράθυρο από το Αμερικανικό. Αυτό έκανε δυνατή την εισαγωγή κάποιων ελκυστικών χαρακτηριστικών, όπως για παράδειγμα υπηρεσίες πολυμέσων με επαρκές φάσμα λόγω της πολλαπλής λήψης (δυνατότητα λήψης από πολλές κεραίες ταυτόχρονα). Λόγω της απόφασης του OHG και οι 3 εκδοχές του CDMA χρησιμοποιούν παρόμοιο παράθυρο. Παρακάτω θα καταγράψουμε τα κύρια πλεονεκτήματα του DS-WCDMA-FDD που είναι και η πρώτη τεχνική μετάδοσης που εφαρμόστηκε στο UMTS: (για λόγους απλότητας παρακάτω χρησιμοποιείται το όνομα WCDMA)

- Η αντίστασή του στην παρεμβολή και τα παράσιτα
- Ελαχιστοποιεί την πιθανότητα υποκλοπής δεδομένων
- Αντιστέκεται στην παρεμβολή από

Η γενιά 3G έφερε την επανάσταση στην κινητή τηλεφωνία στις αρχές του 21ου αιώνα με τις εφαρμογές και τις υπηρεσίες των έξυπνων τηλεφώνων, αλλά φτάνει πλέον στο τέλος της. Η τέταρτη γενιά, που πρόκειται να απασχολήσει τις εργασίες του Mobile World Congress της Βαρκελώνης, ετοιμάζεται να πάρει τη σκυτάλη στο πολύ κοντινό μέλλον (ήδη κάνει τα πρώτα της βήματα στις ΗΠΑ, τις σκανδιναβικές χώρες, τη Νοτιοανατολική Ασία και την Ιαπωνία), έχοντας τη στάμπα του ιδανικού περιβάλλοντος για τη μετάδοση multimedia περιεχομένου: Θεωρητικά, η γενιά 4G θα απογειώσει την επικοινωνία ανάμεσα στις μηχανές, οι χρήστες φορητών υπολογιστών θα έχουν τη δυνατότητα να στέλνουν και να παίρνουν έναν τεράστιο όγκο πληροφοριών, ενώ οι χρήστες κινητών τηλεφώνων θα έχουν πολύ πιο γρήγορη πρόσβαση στο Διαδίκτυο, γεγονός που αναμένεται να δώσει μια νέα δυναμική στην αγορά των εφαρμογών της κινητής τηλεφωνίας - τόσο σε υπηρεσίες (μετεωρολογικές προβλέψεις, GPS) όσο και σε περιεχόμενο (ειδήσεις, ραδιόφωνο, παιχνίδια).

Τέταρτη Γενιά (4G)

Η εταιρία κινητής τηλεφωνίας Telia Sonera ήδη ολοκλήρωσε δύο πιλοτικά δίκτυα 4G στις πρωτεύουσες της Νορβηγίας (Όσλο) και της Σουηδίας (Στοκχόλμη) και οι πρώτοι πελάτες της θα μπορούν να τα αξιοποιήσουν μέσα στο πρώτο τρίμηνο του 2010, σύμφωνα με το BBC. Το πρόβλημα όμως είναι ότι δίκτυα μπορεί να υπάρχουν πια, όμως δεν υπάρχουν ακόμα συσκευές κινητές τηλεφωνίας που να μπορούν να δουλέψουν σε δίκτυα τέταρτης γενιάς. Έτσι, αρχικά οι χρήστες 4G θα πρέπει να συνδέονται μέσω φορητού υπολογιστή.

Τα δίκτυα 4G βασίζονται στη νέα τεχνολογία LongTermEvolution (LTE) και μπορούν να «κατεβάσουν» δεδομένα με ταχύτητα 100 megabits ανά δευτερόλεπτο, περίπου δέκα φορές περισσότερα από τα πιο γρήγορα δίκτυα 3G. Η τεχνολογία LTE έχει αναπτυχθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορεί να «πατήσει» πάνω στα υφιστάμενα δίκτυα 3G, διευκολύνοντας τις εταιρίες κινητής τηλεφωνίας να αναβαθμίσουν το σύστημά τους. Ένα νέο δίκτυο 4G κοστίζει περίπου 2 δισ. ευρώ ανά 50 εκατ. κατοίκους, ένα κόστος που οι ευρωπαϊκές εταιρίες – οι οποίες θα πρέπει να πληρώσουν επιπλέον για να αγοράσουν και τη σχετική άδεια 4G από τις κυβερνήσεις- δεν είναι πρόθυμες να αναλάβουν – όχι ακόμα τουλάχιστον.

Το κόστος μιας άδειας 4G θα εξαρτηθεί από την πολιτική κάθε χώρας, αλλά οι αναλυτές συμφωνούν ότι όσο πιο μεγάλο είναι αυτό, τόσο περισσότερο θα αποθαρρυνθούν οι ιδιωτικές επενδύσεις στα δίκτυα τέταρτης γενιάς. Η TeliaSon-

era κατέβαλε περίπου 50 εκατ. ευρώ για να αγοράσει την άδεια 4G στη Σουηδία, αλλά μόνο 1 εκατ. ευρώ στη γειτονική Φινλανδία, ενώ στη Δανία κατέβαλε περίπου 45 εκατ. ευρώ.

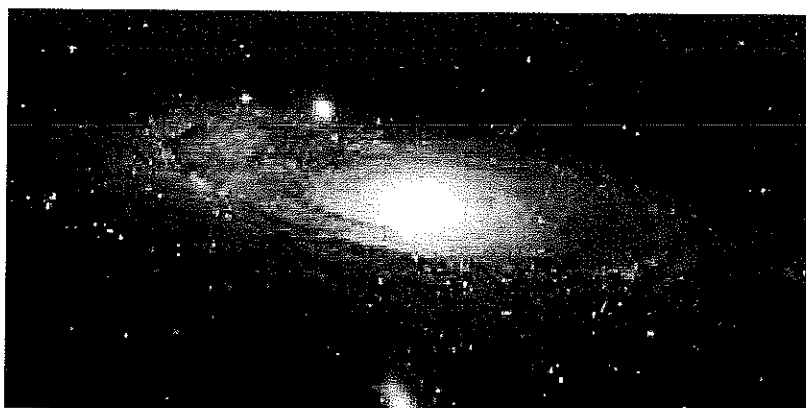
Οι επεξεργαστές τους φτάνουν πλέον το 1GHz, οι οθόνες τους- 3 και 4 ιντσών- διαθέτουν υψηλή ποιότητα και ευκρίνεια, οι κάμερες ξεπερνούν τα 5 Megapixel, η σύνδεση στο Διαδίκτυο γίνεται με κάθε δυνατό τρόπο, η πρόσβαση στις ιστοσελίδες κοινωνικής δικτύωσης (Facebook και Twitter) έχει τα χαρακτηριστικά της αμεσότητας και της ταχύτητας. Καθώς το παιχνίδι του ανταγωνισμού μεταφέρεται στο πεδίο των εφαρμογών που άνοιξε πριν από λίγα χρόνια ως μοναδικός παίκτης η Apple, τεχνολογικοί γίγαντες μπαίνουν με φόρα για να κατακτήσουν το δικό τους μερίδιο ή συνασπίζονται για να σπάσουν το μονοπώλιο του iPhone και του Blackberry.

Βιβλιογραφία

1. Nishith D. Tripathi, Jeffrey H. Reed and Hugh F. VanLandingham "Handoff in Cellular Systems" 1998 IEEE.
2. Nasif Ekiz, Tara Salih, SibelKucukoner and Kemal Fidanboyu "An Overview of Handoff Techniques in Cellular Networks" 2005 International Journal of information Technology.
3. "Wireless Communications: Principles and Practice", Second Edition Prentice Hall ©2002 Pearson Education. For the full text, visit <http://www.phptr.com>
4. P. Nicopolitidis, M.S. Obaidat, G.I. Papadimitriou, A.S. Pomportsis "Wireless Networks" 2003 John Wiley & Sons.
5. John Schiller "Mobile Communications" Second Edition Addison-Wesley.
6. Kaveh Pahlavan, Prashant Krishnamurthy "Principles of Wireless Networks" Prentice Hall Communication Engineering & Emerging Technologies Series.
7. H. Kaaranen, A. Anttinen, L. Laitinen, S. Naghian, V. Niemi "UMTS Networks : Architecture, Mobility & Services" John Wiley & Sons LTD.

Είναι πραγματικό το ενδεχόμενο το σύμπαν να είναι ολόγραμμα;

Αίσθηση προκαλεί μια ομάδα επιστημόνων με τις διαπιστώσεις της πως το Σύμπαν μπορεί να μην είναι τίποτα περισσότερο από μια προβολή, ένα ολόγραμμα που απλά μας έχει εξαπατήσει. Όταν το 1997, ο Αργεντίνος θεωρητικός φυσικός Juan Maldacena διατύπωσε μια τολμηρή θεωρία που ισχυριζόταν ότι η βαρύτητα προκύπτει από απειροελάχιστα λεπτές, παλλόμενες χορδές που εξηγούνται μέσα από τις Θεωρίες των Χορδών, είχε ενθουσιάσει το ακροατήριο. Το μαθηματικά πολύπλοκο αυτό μοντέλο του κόσμου των χορδών, που υπάρχουν σε 9 διαστάσεις του διαστήματος και μίας διάστασης του χρόνου, θα μπορούσε κάλλιστα να οδηγήσει στο συμπέρασμα πως το σύμπαν είναι απλά ένα ολόγραμμα. Κι αυτό γιατί η πραγματική δράση θα εκτυλισσόταν σε ένα πιο απλό επίπεδο και χωρίς καθόλου βαρύτητα Σύμπαν. Παράλληλα αυτή η θεωρία γεφύρωνε και το τεράστιο κενό μεταξύ της κβαντικής φυσικής και της θεωρίας της βαρύτητας του Αϊνστάιν. Όμως, αν και η ισχύς των ιδεών Maldacena επιστημονικά είχε ληφθεί ως δεδομένη, μια αυστηρά τεκμηριωμένη απόδειξη τους δεν ήταν εφικτή. Πρόσφατα όμως ο Yoshifumi Hyakutake από το Πανεπιστήμιο του Ibaraki στην Ιαπωνία και η ομάδα του, παρουσίασαν την εξέλιξη της έρευνας τους η οποία ξεκίνησε τότε και



ολοκληρώθηκε φέτος. Δεν έχουν επαληθεύσει όλη τη θεωρία Maldacena αλλά έχουν αρκετά πειστικά τεκμήρια που την επιβεβαιώνουν και έχουν ενθουσιάσει την επιστημονική κοινότητα. Στην έκθεση Hyakutake, υπολογίστηκε η εσωτερική ενέργεια μιας μαύρης τρύπας, το σύνολο του οριζοντα των γεγονότων (το όριο μεταξύ της μαύρης τρύπας και το υπόλοιπο του Σύμπαντος), η εντροπία του και άλλες ιδιότητες με βάση τις προβλέψεις της θεωρίας των χορδών, καθώς και τα αποτελέσματα των λεγόμενων εικονικά σωματίδια που αναδύονται συνεχώς μέσα και έξω από την ύπαρξη της. Παράλληλα έγινε ο υπολογισμός της εσωτερικής ενέργειας των αντίστοιχων κάτω διαστάσεων του σύμπαντος χωρίς βαρύτητα. Οι δύο υπολογισμοί ταιριάζουν απόλυτα. Ο ίδιος ο Maldacena που είχε αναπτύξει πρώτος τη θεωρία τόνισε πως δεν έχει αποδειχθεί 100% αλλά αυτή η έκθεση είναι ίσως η πιο κοντινή διαδρομή στο να επιβεβαιωθεί πως το Σύμπαν είναι ολόγραμμα και πρόκειται για μια εικονική πραγματικότητα. Πηγή: www.lifo.gr