

# ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ



**cdma2000:  
Initial Settings**

Forward Fundamental  
Radio Configuration 3  
9.6 Kbps  
Non-TD  
Multipath Fading Channel

Select the parameters  
for the simulation

**cdma2000 1xRTT Physical Layer  
Radio Configuration 3 - Forward Fundamental Channel**

**Info**

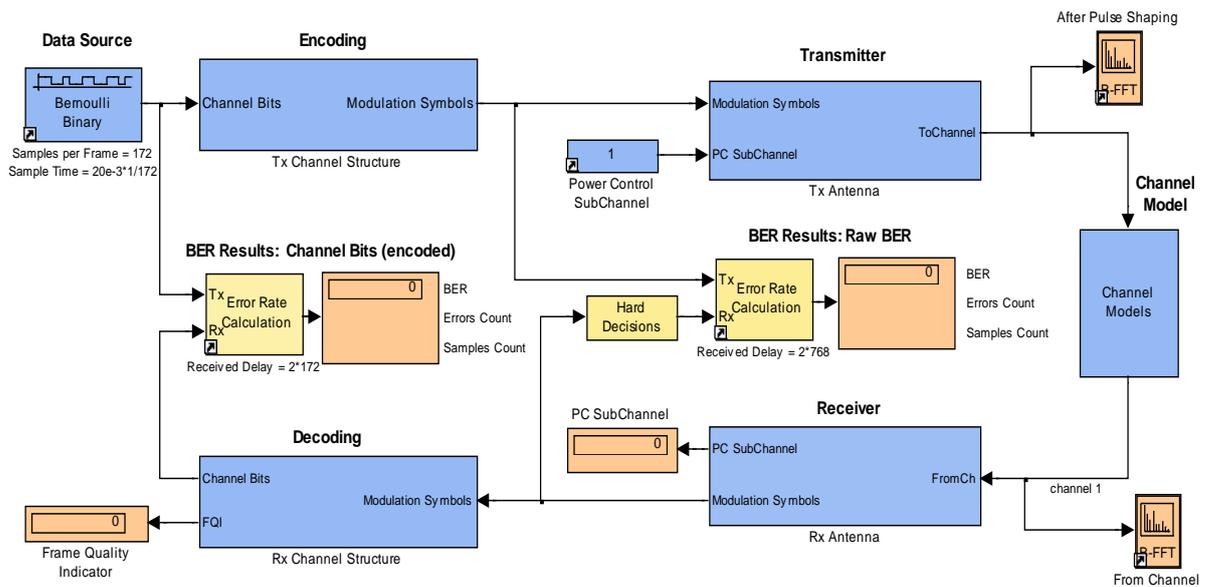
cdma2000  
Library

Double-click on the block to open the help file

Double-click on the block to open the library

Double-click on the blocks to open or close scopes when the simulation is running

Open Scopes
Close Scopes



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**ΘΕΜΑ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ CDMA2000**  
**Της σπουδάστριας Παρασκευής Γαλήνα**

## Περίληψη

Η Πτυχιακή Εργασία που παρουσιάζεται έχει σαν αντικείμενο τη μελέτη της τεχνολογίας CDMA2000, η οποία είναι μία τεχνολογία των κινητών τρίτης γενιάς (3G). Η ραγδαία ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιών έχει επιφέρει μεγάλες ανακατατάξεις στην παγκόσμια αγορά, καθώς ο κλάδος των τηλεπικοινωνιών είναι ίσως ο πιο αναπτυσσόμενος, εξαιτίας των παροχών που προσφέρουν.

Οι εταιρείες συνεχώς προβάλλουν νέες τεχνολογίες με υψηλές ταχύτητες, καθώς προσφέρουν πλέον εκτός από τη φωνή πολλές δυνατότητες στους χρήστες κάτι το οποίο είναι εντυπωσιακό. Μία τεχνολογία που στηρίζονται τα κινητά τρίτης γενιάς είναι και η CDMA2000, στην προκειμένη θα αναλύσουμε την τεχνολογία θεωρητικά, αλλά και θα γίνει μία πρακτική μελέτη εξάγοντας συμπεράσματα για την αποδοτικότητα του συστήματος.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	6
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1 ΠΡΩΤΗ ΓΕΝΙΑ (1G)	7
1.2 ΔΕΥΤΕΡΗ ΓΕΝΙΑ(2G)	8
1.3 2.5 ΓΕΝΙΑ (2.5G)	9
1.4 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ 3G	12
1.5 IMT-2000	13
1.6 3GPP (3 <sup>rd</sup> GENERATION PARTNERSHIP PROJECT AGREEMENT )	15
1.7 3GPP2(3 <sup>rd</sup> GENERATION PARTNERSHIP PROJECT AGREEMENT 2 )	16
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	19
2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CDMA	19
2.1.1 FH-CDMA	19
2.1.2 DS-CDMA	20
2.1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ CDMA	22
2.1.4 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ CDMA	23
2.2 SPREAD SPECTRUM (ΔΙΕΥΡΥΜΕΝΟ ΦΑΣΜΑ) ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	24
2.3 CDMA 2000	25
2.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ CDMA2000	27
2.5 Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΗΜΕΡΑ	29
2.6 CDMA2000-1xRTT	29
2.7 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥ CDMA2000	29
2.8 QPSK MODULATION (ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ)	31
2.9 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ QPSK	31
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>	32
3.1 ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ CDMA2000 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ	32
3.1.1 BERNOULLI BINARY GENERATOR	33
3.1.2 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ (ENCODING)	34
3.1.2.1 CHANNEL BITS	34

3.1.2.2	GENERAL CRC GENERATOR	34
3.1.2.3	ZERO PAD	35
3.1.2.4	CONVOLUTIONAL ENCODER	35
3.1.2.5	REPEAT	36
3.1.2.6	PUNCTURE	36
3.1.2.7	GENERAL BLOCK INTERLEAVER	37
3.1.2.8	OUTPORT (ΘΥΡΑ ΕΞΟΔΟΥ)	37
3.1.3	ERROR RATE CALCULATION	38
3.1.4	SPECTRUMSCOPE(ΦΑΣΜΑΤΙΚΟΣ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ)	39
3.1.5	DISPLAY	39
3.1.6	TRANSMITTER (ΠΟΜΠΟΣ)	40
3.1.6.1	LONG CODE SCRAMBLING	41
3.6.1.2	SPREADING NON-TD MODE	41
3.1.6.3	RC FILTER	42
3.1.7	POWER CONTROL	42
3.1.8	CHANNEL MODEL AWGN	43
3.1.9	RECEIVER (ΔΕΚΤΗΣ)	45
3.1.9.1	LONG CODE DESCRAMBLING	46
3.1.9.2	SYMBOL DEMAPPING	46
3.1.9.2a	Complex to Real-Imag	46
3.1.9.3	MATRIX CONCATENATION	47
3.1.9.4	RAKE RECEIVER	47
3.1.9.5	RC FILTER	48
3.1.10	DECODING (ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ)	49
3.1.10.1	GENERAL BLOCK DEINTERLEAVER	49
3.1.10.2	DEPUNCTURE	50
3.1.10.3	DEREPEAT	50
3.1.10.4	VITERBI DECODER	51
3.1.10.5	ZERO PAD	51
3.1.10.6	GENERAL CRC SYNDROME DETECTOR	52
3.2	ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ CDMA2000	53
3.2.1	MULTIPATH FADING CHANNEL	53
3.2.2	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	54
3.2.3	ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ	65

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>	72
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	72
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	73

## ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ

Όλες οι προτάσεις οι οποίες παρουσιάζονται σε αυτό το κείμενο και οι οποίες ανήκουν σε άλλον αναγνωρίζονται από τα εισαγωγικά και υπάρχει η σαφής δήλωση του συγγραφέα. Τα υπόλοιπα αναγραφόμενα είναι επινόηση του γράφοντος ο οποίος φέρει και την καθολική ευθύνη για αυτό το κείμενο και δηλώνω υπεύθυνα ότι δεν υπάρχει λογοκλοπή σε αυτό το κείμενο.

Όνοματεπώνυμο: .....

Υπογραφή: .....

Ημερομηνία: .....

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Τρίτη γενιά κινητής τηλεφωνίας είναι το μεγάλο βήμα των κινητών τηλεπικοινωνιών. Η πρώτη γενιά συμπεριλάμβανε αναλογικά κινητά τηλέφωνα, Total Access Communications Systems (TACS), Nordic Mobile Telephone (NMT), Advanced Mobile Phone Service (AMPS). Η δεύτερη γενιά συμπεριλάμβανε ψηφιακά κινητά τηλέφωνα Global System Mobile Communications Personal (GSM), Digital Cellular (PDC), και Digital AMPS (D-AMPS)]. Η τρίτη γενιά προσφέρει ψηφιακά πολυμέσα μικρών συσκευών τηλεφώνων με υψηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, ικανά να παρέχουν πολύ περισσότερα από τις βασικές κλήσεις φωνής.

Μέχρι το 1970, ο όρος κινητή τηλεφωνία ανήκε στο χώρο της αναλογικής-συμβατικής τεχνολογίας. Στην περίπτωση αυτή κάθε περιοχή καλυπτόταν από ένα σταθμό βάσης, ένα σύστημα που είχε αρκετά μειονεκτήματα, όπως μικρή χωρητικότητα δικτύου λόγω των περιορισμών των διαθέσιμων συχνοτήτων, αλλά και του υποβαθμισμένου δικτύου. Υπήρχε χαμηλός βαθμός ποιότητας επικοινωνίας, και υψηλό κόστος για τον συνδρομητή. Οι επικοινωνίες στις μέρες μας έχουν διαμορφώσει τον τρόπο ζωής μας. Η εξέλιξη πάνω σε αυτόν τον τομέα είναι ταχύτατη ξεπερνώντας μερικές φορές τις προσδοκίες του κάθε χρήστη. Οι κινητές επικοινωνίες τρίτης γενιάς ήρθαν για να επιβεβαιώσουν αυτή την εξέλιξη αλλά στην ουσία να τελειοποιήσουν την 1G-2G γενιά.

Οι εταιρείες για να μην χρησιμοποιούν συνεχώς τη λέξη κινητή επικοινωνία τρίτης γενιάς χρησιμοποιούν τον όρο 3G (Third Generation). Αυτός ο όρος αναφέρεται στις προσεχείς εξελίξεις, στην προσωπική αλλά και επαγγελματική <<ασύρματη τεχνολογία >> και ειδικότερα στις κινητές επικοινωνίες.

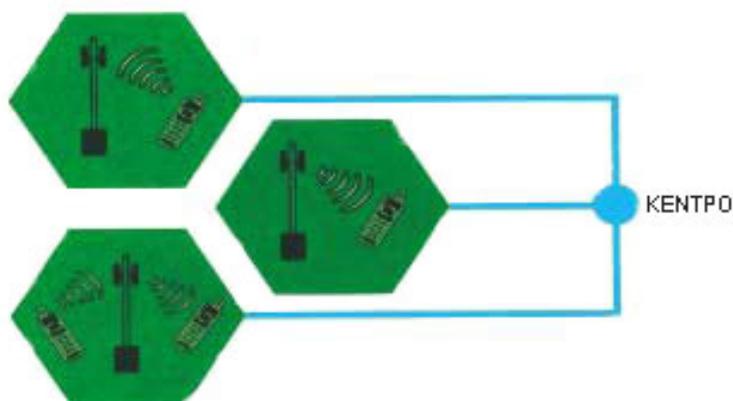
## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 ΠΡΩΤΗ ΓΕΝΙΑ (1G)

Η πρώτη γενιά των κυψελοειδών συστημάτων τηλεπικοινωνίας εμφανίστηκε στη δεκαετία του '80. Η πρώτη γενιά δεν ήταν η αρχή των κινητών επικοινωνιών, αφού υπήρξαν διάφορα κινητά ράδιο δίκτυα νωρίτερα, τα οποία δεν ήταν ούτε κυψελοειδή συστήματα. Η χωρητικότητα ήταν πολύ χαμηλότερη από των κυψελοειδών δικτύων, και η υποστήριξη για κινητικότητα ήταν πιο αδύνατη.

Στα κινητά κυψελοειδή δίκτυα η περιοχή κάλυψης διαιρείται σε μικρά κύτταρα, και έτσι οι ίδιες συχνότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν αρκετές φορές στο δίκτυο χωρίς αποδιοργανωτική παρέμβαση. Αυτό αυξάνει την χωρητικότητα των συστημάτων. Η πρώτη γενιά χρησιμοποίησε αναλογικές τεχνικές μετάδοσης για την κυκλοφορία, η οποία ήταν σχεδόν εξ'ολοκλήρου φωνή. Δεν υπήρξε κανένα κυρίαρχο πρότυπο αλλά διάφορα ανταγωνιστικά.

Τα επιτυχέστερα πρότυπα ήταν Nordic Mobile Telephone (NMT), Total Access Communications System (TACS), και Advanced Mobile Phone Service (AMPS). Άλλα πρότυπα συχνά αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν μόνο σε μια χώρα, όπως C-Netz στη Δυτική Γερμανία και Radiocomm 2000 στη Γαλλία.



**Σχήμα 1.** Η κινητή τηλεφωνία χρειάζεται σταθερούς σταθμούς βάσης και κινητά τηλέφωνα. Οι σταθμοί βάσης συνδέονται με ένα κεντρικό σημείο

Το NMT χρησιμοποιήθηκε αρχικά στην Σκανδιναβία και υιοθετήθηκε σε μερικές χώρες στην κεντρική και νότια Ευρώπη. Υπάρχει σε δύο παραλλαγές: NMT - 450 και NMT - 900. Το NMT- 450 ήταν το παλαιότερο σύστημα, που χρησιμοποιεί τη συχνότητα ζώνης 450-MHz . Το NMT – 900 προωθήθηκε αργότερα και χρησιμοποίησε τη ζώνη 900-MHz και πρόσφερε τη δυνατότητα της διεθνούς περιπλάνησης (roaming). Ακόμα και τόσο αργά στο τελευταίο μισό της δεκαετίας του '90, τα δίκτυα NMT- 450 προωθήθηκαν σε αρκετές ανατολικό-ευρωπαϊκές χώρες. Το TACS είναι Βρετανικό πρότυπο και υιοθετήθηκε από κάποιες Ανατολικές χώρες και στην νότια Ευρώπη. Είναι βασισμένο στο πρωτόκολλο AMPS, αλλά χρησιμοποιεί τη ζώνη των 900-MHz. Το AMPS είναι πρότυπο που χρησιμοποιεί ράδιο ζώνη 800-MHz. Εκτός από τη Βόρεια Αμερική, χρησιμοποιείται σε μερικές χώρες στη Νότια Αμερική και την Άπω Ανατολή, συμπεριλαμβανομένης της Αυστραλίας και Νέας Ζηλανδίας. Τα MC NTT ήταν το πρώτο εμπορικό κυψελοειδές δίκτυο στην Ιαπωνία. Αν και τα δίκτυα 3G είναι σε ανάπτυξη τα δίκτυα πρώτης γενιάς είναι ακόμα σε χρήση.

Στις χώρες με πιο προηγμένες υποδομές τηλεπικοινωνιών τα συστήματα της πρώτης γενιάς θα είναι σύντομα, ή θα έχουν ήδη κλείσει δεδομένου ότι σπαταλούν το πολύτιμο φάσμα συχνότητας που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με έναν αποτελεσματικότερο τρόπο για τα νεώτερα ψηφιακά δίκτυα (π.χ., τα NMT- 900 δίκτυα έκλεισαν στο τέλος του 2000 στη Φινλανδία).

## 1.2 ΔΕΥΤΕΡΗ ΓΕΝΙΑ (2G)

Τα δεύτερης γενιάς (2G) κυψελοειδή συστήματα χρησιμοποιούν την ψηφιακή ράδιο μετάδοση για την κυκλοφορία. Κατά συνέπεια, η γραμμή ορίου μεταξύ πρώτης και δεύτερης γενιάς είναι προφανή: Είναι ο αναλογικός/ψηφιακός διαχωρισμός. Τα 2G δίκτυα έχουν πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα από τα συστήματα πρώτης γενιάς. Ένα κανάλι συχνότητας διαιρείται ταυτόχρονα μεταξύ διάφορων χρηστών (είτε από τον κώδικα είτε από time division (διαίρεση χρόνου)).

Υπάρχουν τέσσερα κύρια πρότυπα για τα συστήματα 2G: Global System for Mobile Communication (GSM) και τα παράγωγά του AMPS (D-AMPS) Code Division Multiple Access (CDMA) IS-95 και Personal Digital Cellular (PDC). Το GSM είναι κατά πολύ το επιτυχέστερο και ευρέως χρησιμοποιημένο 2G σύστημα. Αρχικά σχεδιάστηκε ως πανευρωπαϊκό πρότυπο και υιοθετήθηκε γρήγορα σε όλο τον κόσμο. Μόνο στην Αμερική το GSM δεν έχει καταλάβει μια κυρίαρχη θέση ακόμα. Στη Βόρεια Αμερική, το Personal Communication

System- 1900 (PC- 1900) παράγωγο του GSM έχει κερδίσει κάποιο έδαφος, και στη Νότια Αμερική η Χιλή έχει ένα ευρέως καλυπτόμενο σύστημα GSM.

Εντούτοις, το 2001 η βορειοαμερικανική Time Division Multiple Access (TDMA) κοινότητα αποφάσισε να υιοθετήσει το Third Generation Partnership Project 3GPP)-ορίζοντας το Wideband CDMA (WCDMA) σύστημα σαν τεχνολογία 3G.

Το βασικό GSM χρησιμοποιεί ζώνη των 900-MHz, αλλά υπάρχουν επίσης αρκετά παράγωγα, των οποίων τα δύο σημαντικότερα είναι Digital Cellular System 1800 (DCS- 1800 επίσης γνωστός ως GSM-1800) και PC- 1900 (ή GSM- 1900). Το τελευταίο χρησιμοποιείται μόνο στη Βόρεια Αμερική και τη Χιλή, το DCS- 1800 φαίνεται και σε άλλες περιοχές του κόσμου. Ο πρωταρχικός λόγος για τη νέα ζώνη συχνότητας ήταν η έλλειψη χωρητικότητας στη ζώνη 900-MHz. Η ζώνη 1.800- MHz μπορεί να φιλοξενήσει έναν πολύ μεγαλύτερο πληθυσμό χρηστών, και έτσι έχει γίνει αρκετά δημοφιλής, ειδικά στις πυκνοκατοικημένες περιοχές. Η κάλυψη της περιοχής είναι, παρόλαυτα, συχνά μικρότερη απ'ό,τι στα δίκτυα 900-MHz, και έτσι χρησιμοποιούνται dual band(διπλής ζώνης) κινητά, όπου το τηλέφωνο χρησιμοποιεί ένα δίκτυο 1,800-MHz όταν κάτι τέτοιο είναι διαθέσιμο ειδάλλως περιπλανάται επάνω σε ένα δίκτυο 900-MHz. Πρόσφατα ο European Telecommunications Standards Institute (ETSI) έχει αναπτύξει προδιαγραφές για το GSM- 400 και GSM- 800. Η ζώνη των 400-MHz είναι ειδικά κατάλληλη για την κάλυψη μεγάλης περιοχής, όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συμπληρώσει την υψηλή ζώνη συχνότητας σε δίκτυα GSM στις αραιά κατοικημένες και παράκτιες περιοχές.Εντούτοις, ο ενθουσιασμός για GSM- 400 φαίνεται να έχει μειωθεί, και δεν υπήρξε κανένα λειτουργικό GSM- 400 δίκτυο από το τέλος του 2002,το GSM-800 χρησιμοποιήθηκε στη Βόρεια Αμερική.

### **1.3 2.5 ΓΕΝΙΑ (2.5G)**

Η "2,5 γενιά" είναι ένας προσδιορισμός που περιλαμβάνει ευρέως όλες τις προηγμένες βελτιώσεις για τα 2G δίκτυα. Αυτές οι βελτιώσεις μπορούν στην πραγματικότητα μερικές φορές να παρέχουν σχεδόν τις ίδιες ικανότητες με τα προγραμματισμένα 3G συστήματα.

Γενικά, ένα σύστημα GSM 2.5G περιλαμβάνει τουλάχιστον μία από τις ακόλουθες τεχνολογίες:High Speed Circuit-Switched Data (HSCSD),General Packet Radio Services (GPRS), και Enhanced Data Rates for Global Evolution (EDGE). Ένα σύστημα IS-136 γίνεται 2.5G με την εισαγωγή GPRS και της EDGE, και ένα σύστημα IS- 95 καλείται 2.5G όταν εφαρμόζει IS-95b, ή βελτιώσεις CDMA2000 1xRTT.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα με το GSM είναι τα χαμηλά ποσοστά air interface (μονάδα διασύνδεσης) των ρυθμών δεδομένων. Το βασικό GSM θα μπορούσε αρχικά να παρέχει μόνο ένα ποσοστό δεδομένων για τους χρήστες 9,6- kbps. Αργότερα, το ποσοστό δεδομένων διευκρινίστηκε στα 14,4- kbps, αν και δεν χρησιμοποιείται συνήθως. Καθένας που έχει προσπαθήσει Web surf με αυτούς τους ρυθμούς ξέρει ότι είναι μάλλον άκαρπη εργασία. Το HSCSD είναι ο ευκολότερος τρόπος να επιταχυνθούν τα πράγματα. Αυτό σημαίνει ότι αντί για one time slot (χρονοθυρίδα), ένας mobile station (σταθμός) μπορεί να χρησιμοποιήσει διάφορες time slots(χρονοθυρίδες), για μια σύνδεση στοιχείων. Στις τρέχουσες εμπορικές εφαρμογές, το μέγιστο είναι συνήθως τέσσερις time slots. Ένα time slot μπορεί να χρησιμοποιήσει είτε 9,6- kbps είτε 14,4- kbps ταχύτητες. Αυτό είναι ένας σχετικά ανέξοδος τρόπος να αναβαθμιστούν οι ικανότητες των δεδομένων, δεδομένου ότι απαιτεί μόνο βελτιώσεις λογισμικού στο δίκτυο (συν, η σειρά μαθημάτων, τα νέα HSCSD τηλέφωνα), αλλά έχει και μειονεκτήματα. Το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι η χρήση των λιγοστών ράδιο πόρων. Επειδή είναι switched circuit (μεταγωγής κυκλώματος), το HSCSD διαθέτει τις χρησιμοποιημένες time slots συνεχώς, ακόμα και όταν δεν μεταδίδεται τίποτα. Αντίθετα, αυτό το ίδιο χαρακτηριστικό γνώρισμα κάνει το HSCSD μια καλή επιλογή για εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο, οι οποίες επιτρέπουν μόνο σύντομες καθυστερήσεις. Οι τελικοί χρήστες, που θα ήταν οι πιο πιθανοί χρήστες HSCSD, υιοθετούν χαρακτηριστικά των υπηρεσιών στις περιοχές όπου τα κινητά δίκτυα έχουν ήδη συμφόρηση. Προσθήκη ικανότητας HSCSD σε αυτά τα δίκτυα βεβαίως δεν θα κάνει την κατάσταση καθόλου καλύτερη. Ένα πρόσθετο πρόβλημα με το HSCSD είναι ότι οι κατασκευαστές μικρών συσκευών τηλεφώνων δεν φαίνονται να ενδιαφέρονται για την εφαρμογή HSCSD. Οι περισσότεροι πρόκειται να κινηθούν άμεσα προς τις συσκευές τηλεφώνων GPRS, ακόμα κι αν το HSCSD και GPRS έχουν αρκετές διαφορετικές υπηρεσίες. Ένα σύστημα GPRS δεν μπορεί να κάνει όλα τα πράγματα που το HSCSD μπορεί να κάνει. Παραδείγματος χάριν, το GPRS αδυνατεί σε υπηρεσίες πραγματικού χρόνου.

Η επόμενη λύση είναι το GPRS. Με αυτήν την τεχνολογία, ο ρυθμός των δεδομένων μπορεί να φθάσει στα 115 Kbps, ή ακόμα περισσότερο αν μπορεί να παραβλεφθεί η error correction(διόρθωση λάθους). Μια καλή προσέγγιση για ρυθμοαπόδοση είναι 10 Kbps ανά time slot. Αυτό που είναι πιο σημαντικό είναι ότι το GPRS είναι packet switched (μεταγωγή πακέτων), οπότε δε διανέμει τους ράδιο πόρους συνεχώς αλλά μόνο όταν πρόκειται να σταλεί κάτι..

Ο μέγιστος θεωρητικά ρυθμός δεδομένων επιτυγχάνεται όταν χρησιμοποιούνται συνεχώς οκτώ time slots. Το 2001 το GPRS βγήκε στην αγορά. Το GPRS είναι ειδικά κατάλληλο για εφαρμογές μη

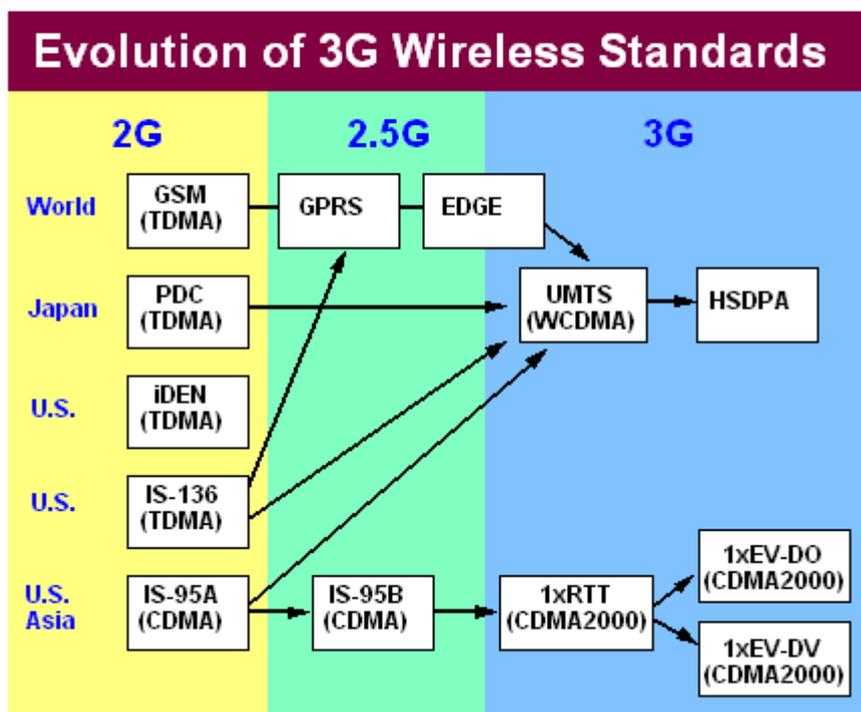
πραγματικού χρόνου, όπως e-mail και Web surfing. Επίσης, bursty data μπορούν να διαχειριστούν καλώς με GPRS, αφού μπορεί να προσαρμόσει ορισμένες πηγές σύμφωνα με τις τωρινές ανάγκες. Δεν είναι κατάλληλο για εφαρμογές πραγματικού χρόνου, συνεπώς δεν μπορεί να εγγυηθεί για μια απόλυτη μέγιστη καθυστέρηση. Η εφαρμογή ενός GPRS συστήματος είναι πολύ πιο ακριβή από την εφαρμογή ενός συστήματος HSCSD. Το δίκτυο χρειάζεται νέα συστατικά καθώς και αλλαγές στα υπάρχοντα. Εντούτοις, φαίνεται σαν ένα απαραίτητο βήμα ούτως ώστε να υπάρξουν καλύτερες ικανότητες για τα δεδομένα.

Η τρίτη βελτίωση του GSM είναι το EDGE. Το EDGE είναι ένα σχέδιο διαμόρφωσης που λέγεται eight-phase shift keying (8PSK). Αυξάνει το ρυθμό των δεδομένων του GSM μέχρι και στο τριπλάσιο. Το EDGE μία ελκυστική αναβάθμιση για τα δίκτυα GSM, αφού μόνο απαιτεί ένα λειτουργικό software αναβαθμισμένο στους σταθμούς βάσης. Δεν αντικαθιστά αλλά συνυπάρχει με την παλιά διαμόρφωση Gaussian minimum shift keying (GMSK), ώστε οι χρήστες κινητών να μπορούν να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν τα παλιά τους τηλέφωνα αν δε χρειάζονται αμέσως την καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών παρεχόμενη από υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων του EDGE. Είναι επίσης χρήσιμο να κρατηθεί το παλιό GMSK επειδή το 8PSK μπορεί μόνο να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για μικρή απόσταση. Για κάλυψη ευρείας περιοχής το GMSK ακόμα χρειάζεται. Αν το EDGE χρησιμοποιείται με GPRS, τότε ο συνδυασμός είναι γνωστός ως enhanced GPRS (EGPRS). Ο μέγιστος ρυθμός δεδομένων του EGPRS χρησιμοποιώντας eight time slots (και επαρκή προστασία λάθους) είναι 384 Kbps. ECSD είναι ο συνδυασμός EDGE και HSCSD και επίσης παρέχει ρυθμούς δεδομένων τρεις φορές το HSCSD. Ο συνδυασμός αυτών των τριών μεθόδων παρέχει ένα δυνατό σύστημα και μπορεί να ανταγωνιστεί τα πρώτα δίκτυα 3G.

Το IS-136 (TDMA) μπορεί να αναβαθμιστεί χρησιμοποιώντας EDGE, για να γίνει ακόμα γρηγορότερο στον κόσμο του GSM. Επιπλέον, το GPRS μπορεί να εφαρμοστεί σε IS-136 δίκτυα. Το IS-95 (CDMA) πρότυπο παρέχει 14.4-Kbps ρυθμό δεδομένων. Μπορεί να αναβαθμιστεί σε IS-95B, το οποίο είναι ικανό να μεταφέρει 64 Kbps με τη χρησιμοποίηση καναλιών πολλαπλού κώδικα multiple code channels. Ωστόσο, οι χειριστές IS-95 αποφάσισαν να κινηθούν σε ένα σύστημα CDMA2000 1xRTT. Το 1xRTT είναι ένα από τους πολλούς τύπους των τεχνικών ράδιο πρόσβασης συμπεριλαμβανόμενο στην πρωτοβουλία του CDMA2000. Η εκδοχή της Βορείου Αμερικής της τρίτης γενιάς, το CDMA2000, είναι κατά κάποιον τρόπο απλά μία αναβάθμιση του συστήματος IS-95, αν και πολύ μεγαλύτερη. Το IS-95 και το CDMA2000 μπορούν να συνυπάρξουν. Υπάρχουν πολλές φάσεις

ανάπτυξης στα δίκτυα CDMA2000, και η πρώτη φάση, το CDMA2000 1xRTT, ευρέως θεωρείται να ανήκει ακόμα στο 2.5G σύστημα.

From Computer Desktop Encyclopedia  
© 2005 The Computer Language Co. Inc.



Σχήμα 2. Πως περνάμε από τη Δεύτερη στην Τρίτη γενιά

## 1.4 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΡΙΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ (3G)

Η γρήγορη ανάπτυξη των κινητών τηλεπικοινωνιών ήταν μία από τις πιο αξιοσημείωτες επιτυχίες στην ιστορία τη δεκαετία του 1990. Τα δίκτυα 2G άρχισαν τη λειτουργία τους στις αρχές της δεκαετίας (το πρώτο δίκτυο GSM άνοιξε το 1991 στην Φινλανδία), και από τότε έχουν επεκταθεί και αναπτύσσονται συνεχώς.

Το Σεπτέμβριο του 2002 υπήρχαν 460 δίκτυα GSM παγκοσμίως, προσφέροντας υπηρεσίες σε 747.5 εκατομμύρια συνδρομητές. Τον ίδιο χρόνο που το GSM παρουσιάστηκε σε εμπορική χρήση, ο ETSI είχε ήδη αρχίσει την εργασία τυποποίησης για την επόμενη γενιά των δικτύων των κινητών τηλεπικοινωνιών. Αυτό το νέο σύστημα ονομάστηκε Universal Mobile Telecommunications System (UMTS). Η δουλειά έγινε στην ETSI technical committee Special Mobile Group (SMG). Η SMG αργότερα χωρίστηκε σε υποομάδες SMG1-SMG12 (SMG5 διακόπηκε το 1997), με κάθε υποομάδα να ειδικεύεται σε συγκεκριμένες απόψεις του συστήματος.

Η ανάπτυξη του 3G δεν έγινε μόνο από τον ETSI. Υπήρχαν και άλλοι οργανισμοί και ερευνητικά προγράμματα τα οποία είχαν τον ίδιο σκοπό. Η Ευρωπαϊκή επιτροπή ίδρυσε ερευνητικά προγράμματα όπως Research on Advanced Communication Technologies in Europe (RACE I and II) και Advanced Communication Technologies and Services (ACTS). Το UMTS Forum δημιουργήθηκε το 1996 για να επιταχύνει τη διαδικασία ορισμού των απαραίτητων προτύπων. Εκτός της Ευρώπης, υπήρχαν επίσης πολυάριθμα προγράμματα 3G στις Η.Π.Α., στην Ιαπωνία και στην Κορέα. Πολλές εταιρείες τηλεπικοινωνιών ταυτόχρονα έκαναν τις δικές τους έρευνες.

Ένα σημαντικό βήμα έγινε το 1996 και το 1997, όταν Association of Radio Industries and Businesses (ARIB) και ETSI επέλεξαν το WCDMA να είναι υποψήφιο για τη γενιά 3G. Επιπλέον, η μεγαλύτερη Ιαπωνική εταιρεία κινητής τηλεφωνίας προώθησε ένα δοκιμαστικό σύστημα στις μεγαλύτερες εταιρείες τηλεπικοινωνιών. Αυτό ώθησε τις εταιρείες να λάβουν μια στρατηγική απόφαση, η οποία σήμαινε αύξηση στις ερευνητικές δραστηριότητες του WCDMA ή τουλάχιστον μένοντας εκτός ανταγωνισμού της Ιαπωνικής αγοράς 3G.

Αργότερα οι πιο σημαντικές εταιρείες ένωσαν τις δυνάμεις τους στο 3GPP πρόγραμμα, ο σκοπός του οποίου είναι να παράγει τις ιδιαιτερότητες για ένα σύστημα 3G βασισμένο στον ETSI, Universal Terrestrial Radio Access (UTRA) και στο ενισχυμένο GSM/GPRS Mobile Application Part (MAP) δίκτυο κορμού. Η συνεργασία των εταιρειών έχει επιφέρει την ανάπτυξη της τρίτης γενιάς με αποτέλεσμα υψηλότερη ποιότητα στις προσφερόμενες υπηρεσίες.

### **1.5 IMT-2000**

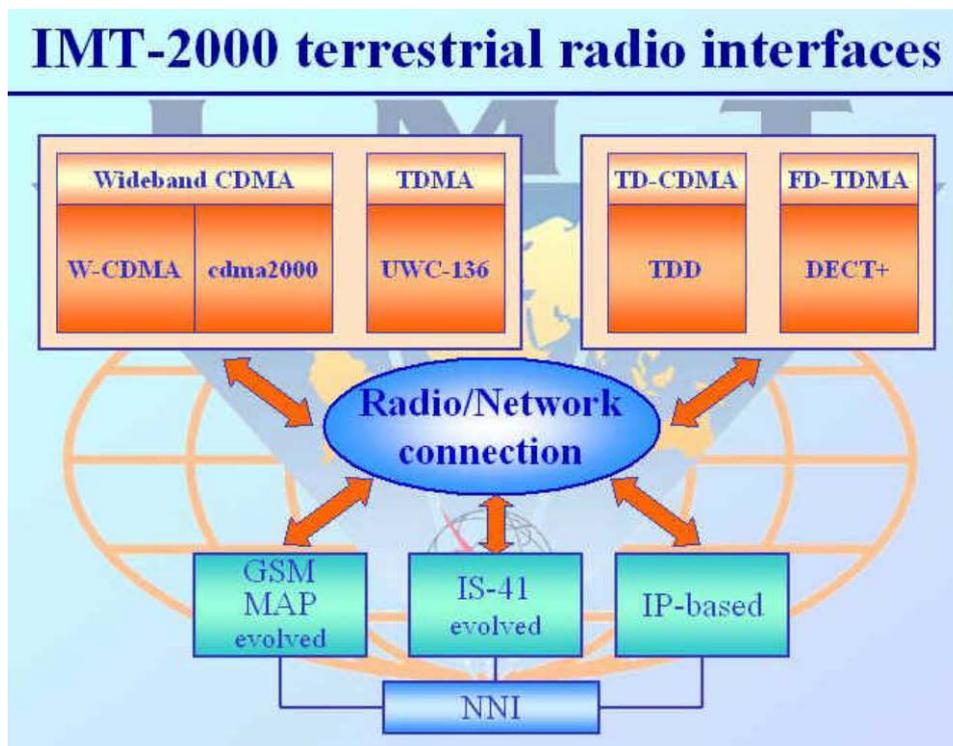
Αρχικά σκοπός του International Telecommunication Union (ITU) ήταν να έχει ένα παγκόσμιο προσδιορισμό για την τρίτη γενιά, αλλά για τεχνικούς και πολιτικούς λόγους δε συνέβη. Τον Νοέμβριο του 1999 σε μια συνάντηση στο Ελσίνκι, η ITU δέχτηκε τις ακόλουθες προτάσεις για το IMT-2000 :

- IMT Direct Spread (IMT-DS επίσης γνωστό σαν UTRA FDD);
- IMT Multicarrier (IMT-MC επίσης γνωστό σαν CDMA2000);
- IMT Time Code (IMT-TC επίσης γνωστό σαν UTRA-TDD/ TD-SCDMA “narrowband TDD”)
- IMT Single Carrier (IMT-SC; επίσης γνωστό σαν UWC-136);
- IMT Frequency Time (IMT-FT; επίσης γνωστό σαν DECT).

Ο αριθμός των αποδεκτών συστημάτων δείχνει ότι η ITU υιοθέτησε μία πολιτική, ότι κανένας σοβαρός υποψήφιος δε θα αποκλειόταν από το

νέο IMT-2000. Συνεπώς, το IMT-2000 δεν είναι πραγματικά μια ενιαία προδιαγραφή radio interface αλλά μια οικογένεια προδιαγραφών οι οποίες τεχνικά δεν έχουν πολλά κοινά. Από τότε έχει υπάρξει μεγάλη πρόοδος στο σύστημα της τρίτης γενιάς. Οι IMT-DS και IMT-TC προτάσεις είναι και οι δύο που αναπτύσσονται από την κοινοπραξία της 3GPP. Ο IMT-MC υιοθετήθηκε από μία άλλη βιομηχανική κοινοπραξία τη 3GPP2.

Αναμφισβήτητα το πιο σημαντικό σύστημα IMT-2000 είναι το IMT-DS, ακολουθούμενο από το IMT-MC. Η πρόταση για το IMT-SC υποστηρίχθηκε από το UWCC, αλλά αυτός ο οργανισμός αποφάσισε να υιοθετήσει το IMT-DS (πχ., WCDMA) σαν 3G τεχνολογία. Το Δεκέμβριο του 2001 ο οργανισμός UWCC διαλύθηκε και τον Ιανουάριο του 2002 ιδρύθηκε ένας νέος οργανισμός 3G Americas. Η αποστολή του είναι να στηρίζει τη μετακίνηση των δικτύων του GSM και του TDMA σε συστήματα WCDMA στην Αμερική. Το IMT-TC διαχωρίστηκε αργότερα σε δύο standards (πρότυπα) : το TDD και TD-SCDMA. Και τα δύο είναι εξειδικευμένα αλλά μέχρι τώρα δεν υπάρχει μεγάλο εμπορικό ενδιαφέρον.



Σχήμα 3. IMT-2000

## **1.6 3GPP** **(3<sup>rd</sup> GENERATION PARTNERSHIP PROJECT AGREEMENT)**

Το έργο της τρίτης γενιάς (3GPP) είναι μια συμφωνία συνεργασίας που συνάφθηκε τον Δεκέμβριο του 1998. Η συμφωνία συνεργασίας συγκεντρώνει διάφορους οργανισμούς προτύπων τηλεπικοινωνιών που είναι γνωστοί ως “Organizational Partners” ,οι τρέχοντες οργανωτικοί συνεργάτες είναι ARIB, CCSA, ETSI, ATIS, TTA, και TTC.

Η καθιέρωση του 3GPP τυποποιήθηκε τον Δεκέμβριο του 1998 με την υπογραφή της “The 3rd Generation Partnership Project Agreement”. Το αρχικό πεδίο του 3GPP ήταν να συνταχτούν συνολικά οι εφαρμόσιμες τεχνικές προδιαγραφές και οι τεχνικές εκθέσεις για ένα σύστημα παραγωγής κινητών τρίτης γενιάς βασισμένο στα εξελιγμένα κεντρικά δίκτυα GSM και τις ράδιο τεχνολογίες πρόσβασης που υποστηρίζουν (δηλ., καθολικοί επίγειοι ράδιο διπλοί (TDD) τρόποι) τμήματος ντούμπλεξ τμήματος συχνότητας πρόσβασης (UTRA) και (FDD) και χρόνου. Το πεδίο τροποποιήθηκε στη συνέχεια για να περιλάβει τη συντήρηση και την ανάπτυξη του σφαιρικού συστήματος για τις κινητές τεχνικές προδιαγραφές επικοινωνίας (GSM) και τις τεχνικές εκθέσεις συμπεριλαμβανομένων των εξελιγμένων ράδιο τεχνολογιών πρόσβασης (π.χ. γενική υπηρεσία ραδιοφώνων πακέτων (GPRS) και ενισχυμένα ποσοστά στοιχείων για την εξέλιξη GSM (EDGE).

Οι συζητήσεις που οδήγησαν στην υπογραφή της 3GPP συμφωνίας καταγράφηκαν σε μία σειρά αποκαλούμενων φωτογραφικών διαφανειών που περιγράφει τις βασικές αρχές και τις ιδέες στις οποίες το πρόγραμμα είναι βασισμένο. Η περιγραφή προγράμματος συνεργασίας δεν έχει διατηρηθεί δεδομένου ότι είναι η πρώτη δημιουργία αλλά οι αρχές της λειτουργίας του προγράμματος παραμένουν ακόμα έγκυρες.

Προκειμένου να ληφθεί μια παγιωμένη άποψη των απαιτήσεων της αγοράς μια δεύτερη κατηγορία συνεργασίας δημιουργήθηκε μέσα στο πρόγραμμα αποκαλούμενο "συνεργάτες αντιπροσώπευσης αγοράς".

## 1.7 3GPP2

### *(3<sup>rd</sup> GENERATION PARTNERSHIP PROJECT AGREEMENT 2 )*

Το Third Generation Partnership Project 2 (3GPP2) είναι:

- Μια συνεργασία για τις προδιαγραφές της τρίτης γενιάς (3G) - setting project
- Περιλαμβάνει συνεργασία Βόρειας Αμερικής και Ασίας αναπτύσσοντας παγκόσμιες προδιαγραφές για ANSI/TIA/EIA-41 Cellular Radio telecommunication Intersystem Operations network evolution to 3G
- Και παγκόσμιες προδιαγραφές για τις radio transmission technologies (RTTs) υποστηριζόμενες από ANSI/TIA/EIA-41.

Η 3GPP2 γεννήθηκε από πρωτοβουλία της International Telecommunication Union's (ITU) και της International Mobile Telecommunications (IMT-2000), καλύπτοντας υψηλή ταχύτητα, εύρος ζώνης, και Internet Protocol (IP)-based mobile systems featuring network-to-network interconnection, χαρακτηριστικό/υπηρεσία διαφάνεια, παγκόσμιο roaming and seamless υπηρεσίες ανεξάρτητες από την τοποθεσία. Η IMT-2000 σκοπεύει να φέρει υψηλή ποιότητα πολυμέσων στην παγκόσμια αγορά επιτυγχάνοντας τους στόχους, αυξάνοντας την ταχύτητα και προσφέροντας άνεση των ασυρμάτων επικοινωνιών, αντιμετωπίζοντας τα προβλήματα που υπάρχουν από την αυξανόμενη απαίτηση και να περάσουν τα δεδομένα μέσω των τηλεπικοινωνιών, παρέχοντας οποιαδήποτε ώρα και οπουδήποτε υπηρεσίες.

Το 3GPP2 είναι μια προσπάθεια συνεργασίας μεταξύ πέντε επίσημα αναγνωρισμένων SDOs.: Αυτοί είναι:

ARIB - Association of Radio Industries and Businesses (Japan)

CCSA - China Communications Standards Association (China)

TIA - Telecommunications Industry Association (North America)

TTA - Telecommunications Technology Association (Korea)

TTC - Telecommunications Technology Committee (Japan)

Οι SDOs είναι γνωστοί σαν the Project's Organizational Partners (OPs). Η 3GPP2 απαιτεί ότι μια συμμετέχουσα μεμονωμένη επιχείρηση μελών συνδέεται με τουλάχιστον έναν από τους οργανωτικούς συνεργάτες.

Επιπλέον, το πρόγραμμα έχει καλωσορίσει τους συνεργάτες αντιπροσώπευσης αγοράς Market Representation Partners (MRPs) που προσφέρουν συμβουλές αγοράς σε 3GPP2 και φέρνουν μια άποψη συναίνεσης των απαιτήσεων της αγοράς (π.χ., υπηρεσίες, χαρακτηριστικά γνωρίσματα και λειτουργία) που εμπίπτουν στο πεδίο 3GPP2. Είναι:

The CDMA Development Group (CDG) IPv6Forum  
International 450 Association(IA 450)

Η εργασία της παραγωγής των προδιαγραφών 3GPP2 εδρεύει στο Project's four Technical Specification Groups (TSGs) που αποτελούνται από τους αντιπροσώπους από τις μεμονωμένες επιχειρήσεις μελών του προγράμματος. Τα TSGs είναι:

TSG-A(AccessNetworkInterfaces)  
TSG-C(cdma2000®)  
TSG-S(ServicesandSystemsAspects)  
TSG-X (Core Networks)

Κάθε TSG συναντιέται, κατά μέσον όρο, δέκα φορές ετησίως για να συντάξει τις τεχνικές προδιαγραφές και τις εκθέσεις. Δεδομένου ότι 3GPP2 δεν έχει κανένα νομικό καθεστώς, η ιδιοκτησία και τα πνευματικά δικαιώματα αυτών των εγγράφων παραγωγής μοιράζονται μεταξύ των οργανωτικών συνεργατών. Τα έγγραφα καλύπτουν όλες τις περιοχές του χάρτη του προγράμματος, συμπεριλαμβανομένου του cdma2000 ® και των νέων προδιαγραφών.

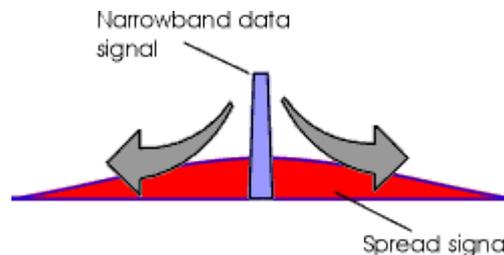
Όλη η έκθεση TSGs στη Project Steering Committee, η οποία επιφορτίζεται με τη διαχείριση της γενικής διαδικασίας εργασίας και την υιοθέτηση των τεχνικών προδιαγραφών που διαβιβάζονται από κάθε ένα από το TSGs.

Η σημαντικότερη διαφορά μεταξύ 3GPP και του 3GPP2 οι προσεγγίσεις στην ανάπτυξη προδιαγραφών μονάδων διασύνδεσης (interface) αέρα είναι ότι η 3GPP έχει διευκρινίσει μια απολύτως νέα μονάδα διασύνδεσης (interface) αέρα χωρίς οποιουσδήποτε περιορισμούς από το παρελθόν, ενώ η 3GPP2 έχει διευκρινίσει ένα σύστημα που είναι συμβατό με τα IS- 95 συστήματα. Αυτή η προσέγγιση είναι απαραίτητη επειδή στη Βόρειο Αμερική, τα IS - 95 συστήματα ήδη χρησιμοποιούν ζώνες συχνότητας που διατίθενται για 3G από το World Administrative Radio Conference (WARC). Κάνει τη μετάβαση σε 3G πολύ σε ευκολότερη εάν το νέο σύστημα μπορεί να συνυπάρξει με το παλιό σύστημα στην ίδια ζώνη συχνότητας. Το σύστημα CDMA2000 χρησιμοποιεί επίσης το ίδιο κεντρικό δίκτυο IS - 95, δηλαδή, IS - 41 (που είναι πραγματικά πρότυπο Ansi: TIA/\*EIA- 41).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CDMA

Τα συστήματα πολλαπλής πρόσβασης με διαίρεση κώδικα (CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS, CDMA) έχουν χρησιμοποιηθεί σχεδόν αποκλειστικά από το στρατό για την πραγματοποίηση απόρρητων ραδιοεπικοινωνιών σε συνθήκες υψηλών παρεμβολών. Τα τελευταία χρόνια τα συστήματα CDMA σε εφαρμογές πολλαπλών χρηστών και η καλή φασματική τους απόδοση τα έχουν καταστήσει καλές επιλογές για επικοινωνίες κυψελωτής μορφής.



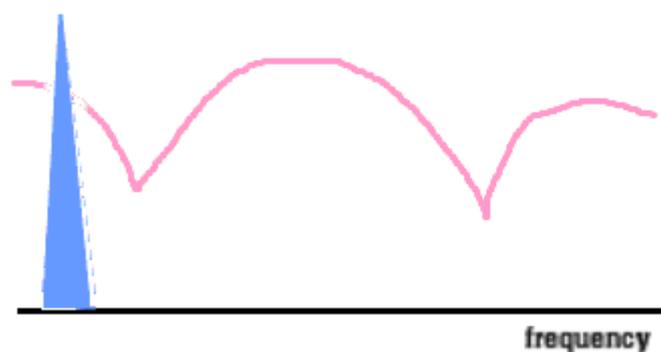
**Σχήμα 4. Σήμα δεδομένων στενής ζώνης-διευρυμένο σήμα**

Υπάρχουν δύο ξεχωριστά συστήματα CDMA, που ονομάζονται CDMA Ευθείας Ακολουθίας (DIRECT SEQUENCE CDMA) και CDMA με Άλματα Συχνοτήτων (FREQUENCY HOPPING-FH-CDMA). Και τα δύο συστήματα προβλέπουν εύρος ζώνης εκπομπής πολλαπλάσιο αυτού που απαιτείται από ένα χρήστη, και την ενέργεια του σήματος του κάθε χρήστη να είναι διασπαρμένη (διευρυμένη) στο ευρύ αυτό κανάλι. Γι' αυτό οι παραπάνω τεχνικές ονομάζονται συχνά συστήματα διευρυμένου φάσματος (spread spectrum systems).

#### 2.1.1 FH-CDMA

Η μέθοδος των αλμάτων συχνότητας συνίσταται στη μετακίνηση των σημάτων στενής ζώνης των διαφόρων χρηστών και τη συνεχή αλλαγή της θέσης της συχνότητας ως προς το χρόνο. Σε ένα περιβάλλον όπου υπάρχει επιλεκτική διάλειαση συχνότητας (frequency selective fade), το πλεονέκτημα της αλλαγής συχνότητας μπορεί να διασφαλίσει ότι δεν πρόκειται το σήμα κάποιου χρήστη να παραμείνει σε κατάσταση επιλεκτικής διάλειασης για παρατεταμένο χρονικό διάστημα. Για να είναι αποτελεσματικά τα άλματα συχνότητας, θα πρέπει τα σήματα των

χρηστών να πραγματοποιούν άλματα σε ένα εύρος ζώνης σημαντικά μεγαλύτερο από τα βυθίσματα που προκαλούνται από την επιλεκτική διάλειαση. Για να εξασφαλιστεί ότι δεν υπάρχει περίπτωση να μεταπηδήσουν δύο χρήστες στην ίδια περιοχή συχνοτήτων ταυτόχρονα, οπότε τα σήματά τους αλληλοπαρεμβάλλονται θα πρέπει οι συχνότητες των διαθέσιμων φορέων να είναι κατανομημένες με βάση κάποια προκαθορισμένη σειρά, ή κώδικα.



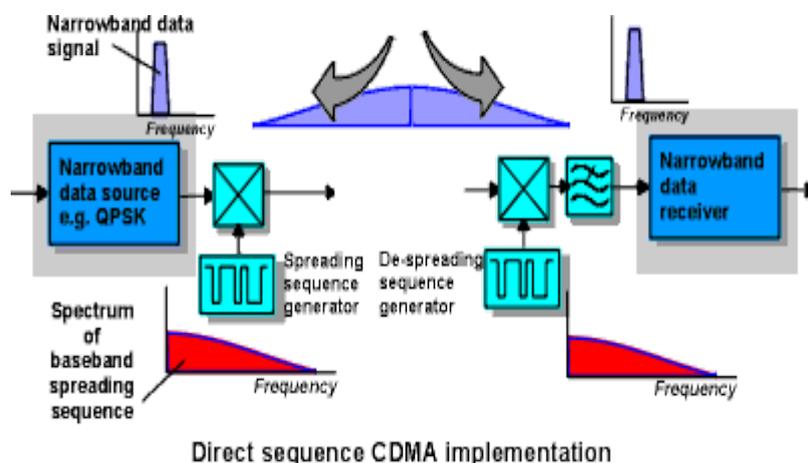
**Σχήμα 5. Η συχνότητα στο FH-CDMA**

Τα άλματα συχνότητας είναι πιο αποτελεσματικά εάν χρησιμοποιηθεί ένας ταχύς ρυθμός πραγματοποίησης αλμάτων (αρκετές χιλιάδες φορές το δευτερόλεπτο), οπότε η επικοινωνία δε θα αλλοιώνεται λόγω εξασθένησης ή αμοιβαίας παρεμβολής σε κανένα χρονικό διάστημα. Αυτό, όμως, δημιουργεί προβλήματα στη σχεδίαση των συνθετών ταχείας μεταγωγής και των ενισχυτών ισχύος ευρείας ζώνης που απαιτούνται, οι οποίοι θέτουν στην πράξη ένα άνω όριο στο ρυθμό πραγματοποίησης αλμάτων. Επιπρόσθετα, τα κανάλια στενής ζώνης είναι ευάλωτα στη μετατόπιση Doppler, τα σφάλματα συχνότητας των τοπικών ταλαντωτών κ.α. και οι εφαρμοζόμενες τεχνικές αντιστάθμισης αυτών των σφαλμάτων δυσκολεύονται όταν ο ρυθμός αλμάτων είναι μεγάλος. Πάντως, τα άλματα καθιστούν το σύστημα λιγότερο ευάλωτο στη διακριτή παρεμβολή στενής ζώνης και το φαινόμενο 'κοντινής-μακρινής' διαδρομής.

### **2.1.2 DS-CDMA**

Στην πολύπλεξη CDMA Ευθείας Ακολουθίας (Direct Sequence CDMA, DS-CDMA) τα σήματα στενής ζώνης που προέρχονται από τους επιμέρους χρήστες διευρύνονται με συνεχή και ομαλό τρόπο ώστε να

καταλάβουν ένα μεγάλο εύρος ζώνης, με τη χρήση μίας ακολουθίας διεύρυνσης. Εάν το σήμα δεδομένων στενής ζώνης ενός χρήστη εισέλθει σε ένα μίκτη μαζί με ένα τοπικά δημιουργημένο, αυστηρά καθορισμένο σήμα ευρείας ζώνης, τότε η ενέργεια του σήματος του χρήστη θα διασπείρεται ώστε να καταλάβει περίπου το ίδιο εύρος της πηγής του σήματος ευρείας ζώνης. Το σήμα ευρείας ζώνης που χρησιμοποιείται για τη διεύρυνση του σήματος του χρήστη δημιουργείται από μία γεννήτρια ψευδοτυχαίας ακολουθίας, που λειτουργεί με πολύ μεγάλη συχνότητα ωρολογίου, η οποία ονομάζεται ρυθμός τεμαχισμού (chipping rate).



Σχήμα 6. Υλοποίηση CDMA Ευθείας Ακολουθίας

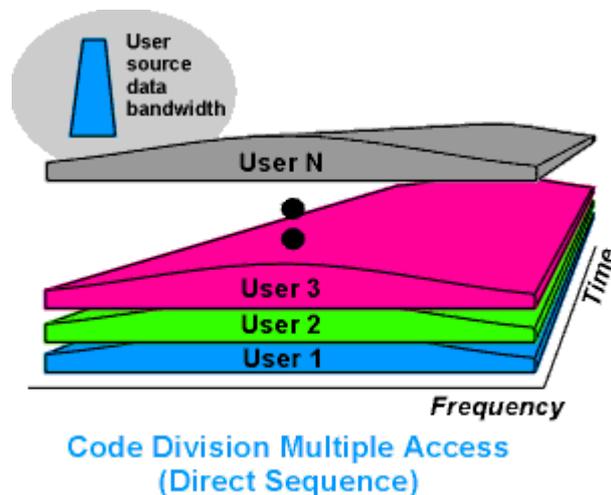
Στο δέκτη είναι αναγκαίο να γίνει από-διερεύνηση (de-spreading) του σήματος, έτσι ώστε να ανακτηθεί η αρχική διαμόρφωση δεδομένων στενής ζώνης του χρήστη και αυτό γίνεται διαβιβάζοντας το λαμβανόμενο σήμα σε ένα μίκτη, μαζί με την ίδια ακριβώς συγχρονισμένη, ψευδοτυχαία ακολουθία. Αυτή η διαδικασία συσχέτισης προκαλεί την εξουδετέρωση της διεύρυνσης που έγινε στον πομπό. Η από-διερεύνηση θα συμβεί όμως, μόνο εάν χρησιμοποιηθεί η σωστή ακολουθία διεύρυνσης στα δύο άκρα της ζεύξης και οι δύο ακολουθίες είναι χρονικά ευθυγραμμισμένες.

Η πρόσβαση από πολλούς χρήστες επιτυγχάνεται στην CDMA ευθείας ακολουθίας εκχωρώντας στον κάθε χρήστη έναν διαφορετικό κώδικα διεύρυνσης, ή διαφορετικό χρονισμό με τον ίδιο κώδικα διεύρυνσης. Στο δέκτη θα ανιχνευτεί μόνο η ενέργεια που έχει διασπαρθεί από το συγκεκριμένο κώδικα διεύρυνσης που χρησιμοποιήθηκε και στον πομπό. Επομένως οι χρήστες μπορούν να συνυπάρχουν ταυτόχρονα και στο ίδιο εύρος ζώνης μέσα στο κανάλι.

Όπως και στα άλματα συχνότητας, το διευρυμένο φάσμα της CDMA ξεπερνά το πρόβλημα της επιλεκτικής διάλειψης συχνότητας

εξασφαλίζοντας ότι το μεγαλύτερο μέρος της διευρυμένης ενέργειας του σήματος θα πέφτει έξω από τα βυθίσματα διάλειψης.

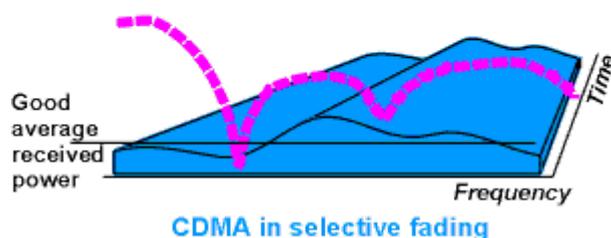
Εάν υπάρχει κάποια συσχέτιση ανάμεσα στους κώδικες διεύρυνσης, όπως συνήθως συμβαίνει, τότε θα υπάρχει μία μικρή συνεισφορά από τα άλλα διευρυμένα σήματα στο από-διευρυμένο σήμα κάθε χρήστη. Αυτό το φαινόμενο θέτει τελικά ένα άνω όριο στον αριθμό των χρηστών που μπορούν να συνυπάρχουν ταυτόχρονα στο ίδιο τμήμα του σφάλματος, ώστε να μη δημιουργηθούν σφάλματα από την ανεπιθύμητη ενέργεια των σημάτων των γειτονικών χρηστών. Αυτός ο παράγοντας παρεμβολής δημιουργεί την πιο αυστηρή απαίτηση, σε σύγκριση με όλα τα υπόλοιπα συστήματα, για έλεγχο ισχύος, καθώς είναι φανερό ότι αυτή η αμοιβαία παρεμβολή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί για κάθε χρήστη μόνο εάν οι χρήστες λειτουργούν έτσι, ώστε ο σταθμός βάσης να λαμβάνει από όλους την ίδια ισχύ.



Σχήμα 7. Πολλαπλή πρόσβαση με διαίρεση κώδικα (ευθείας ακολουθίας)

### 2.1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ CDMA

Ένα πλεονέκτημα της μεθόδου σε συνθήκες ασύρματης επικοινωνίας είναι η διεύρυνση του σήματος του χρήστη πέρα από το εύρος ζώνης όπου τυχόν εμφανίζεται επιλεκτική διάλειψη συχνότητας. Η μέθοδος παρέχει επίσης προστασία από τυχόν σήματα παρεμβολής στενής ζώνης, τα οποία τελικά διευρύνονται από τη διαδικασία από-διεύρυνσης που εκτελεί ο δέκτης CDMA ευθείας ακολουθίας.



**Σχήμα 8. CDMA σε συνθήκες επιλεκτικής διάλειψης**

Ίσως το κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου CDMA σε ένα σύστημα με πολλούς χρήστες είναι η ευελιξία παροχής μεταβαλλόμενων ρυθμών εκπομπής δεδομένων στον κάθε χρήστη. Κάθε χρήστης του συστήματος CDMA διευρυμένου φάσματος μπορεί να αυξήσει το ρυθμό διαμόρφωσης και το τοπικό εύρος διαμόρφωσης στενής ζώνης χωρίς να επηρεάσει άλλους χρήστες κατά τη διεύρυνσή του. Αυτό μπορεί να γίνει εφόσον ο χρήστης δεν αυξάνει τη συνολική ενέργεια ευρείας ζώνης του σύνθετου σήματος που εκπέμπεται από το σύνολο των χρηστών, κάτι που θα προκαλούσε αύξηση της πιθανότητας αμοιβαίας παρεμβολής κατά την από-διερεύνηση σε επίπεδα μη επιτρεπτά.

Ένα σύστημα διευρυμένου φάσματος CDMA είναι δυνατό να ‘υπερφορτωθεί’ ελαφρώς με την αύξηση πάνω από το μέγιστο των χρηστών, αυξάνοντας έτσι και το μερίδιο του καθενός στη διευρυμένη ενέργεια. Αυτό είναι δυνατό να επιτευχθεί αν ο χειριστής (operator) του συστήματος εκμεταλλευθεί το γεγονός ότι ο κάθε χρήστης δεν χρησιμοποιεί συνεχώς το ‘κοινόχρηστο’ κανάλι, οπότε μπορεί να ‘σβήνει’ ο πομπός όταν ο χρήστης δεν ομιλεί. Τότε η ολική μέση ενέργεια διατηρείται σε μια στάθμη ανάλογη της λειτουργίας με λιγότερους από το μέγιστο δυνατό.

## 2.1.4 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ CDMA

Η διεύρυνση σημάτων είτε γίνεται με άλματα συχνότητας είτε με ευθεία ακολουθία έχει το τίμημα ότι προσθέτει σημαντικές επιπρόσθετες επεξεργασίες σήματος. Επιπλέον, ο έλεγχος ισχύος αποδείχθηκε ότι είναι μεγάλης σημασίας για τη μεγιστοποίηση του αριθμού χρηστών που μπορούν να φιλοξενηθούν σε ένα κοινό κανάλι συχνοτήτων επικοινωνίας.

Η CDMA απαιτεί επίσης την ύπαρξη μεγάλου εύρους ζώνης και χωρίς ασυνέχειες (στην τεχνική διευρυμένου φάσματος μόνο), για να διασφαλιστεί ότι θα μπορεί να πραγματοποιηθεί ικανοποιητική διεύρυνση, ώστε να ξεπεραστεί η επιλεκτική διάλειψη συχνότητας και ότι το σύστημα θα έχει ικανοποιητικό κέρδος κωδικοποίησης. Στην πράξη επιζητούνται τιμές εύρους ζώνης μεγαλύτερες από 5 MHz στα συστήματα κυψελωτής τηλεφωνίας, ώστε η ζεύξη να παρέχει τη βέλτιστη απόδοση, παρότι οι διεθνείς κανονισμοί έχουν επιβάλλει μικρότερες τιμές εύρους ζώνης (1.25 MHz στο πρότυπο IS-95) σε κάποιες περιπτώσεις.

## 2.2 SPREAD SPECTRUM (ΔΙΕΥΡΥΜΕΝΟ ΦΑΣΜΑ) ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Spread-spectrum (διευρυμένο φάσμα) μετάδοση είναι μια τεχνική με την οποία το αρχικό σήμα του χρήστη μετασχηματίζεται σε μια άλλη μορφή το οποίο καταλαμβάνει ένα μεγαλύτερο εύρος ζώνης από ότι το αρχικό σήμα θα χρειαζόταν κανονικά. Αυτός ο μετασχηματισμός είναι γνωστός σαν διάδοση. Η ακολουθία των αρχικών δεδομένων είναι δυαδική πολλαπλασιασμένη με έναν διαδομένο κώδικα που τυπικά έχει ένα πολύ μεγαλύτερο εύρος ζώνης από το αρχικό σήμα.

Τα bits στο διαδιδόμενο κώδικα ονομάζονται chips για να διαφοροποιηθούν από τα bits στην ακολουθία των δεδομένων, τα οποία καλούνται σύμβολα. Ο όρος “chip” περιγράφει πώς η διαδιδόμενη λειτουργία τεμαχίζει επάνω στο αρχικό ρεύμα των δεδομένων στα μικρότερα μέρη, ή chips.

Κάθε χρήστης έχει το διαδιδόμενο κώδικά του. Ο ίδιος κώδικας χρησιμοποιείται και στους δύο μετασχηματισμούς σε κάθε τέλος του ράδιο καναλιού, διαδίδοντας το αρχικό σήμα για να παράγει ένα ευρείας ζώνης σήμα, και despreading (αποδιερεύνηση) το ευρείας ζώνης σήμα πίσω στο αρχικό περιορισμένης ζώνης σήμα. Η αναλογία μεταξύ του εύρους ζώνης εκπομπής και του αρχικού εύρους ζώνης ονομάζεται processing gain (επίσης γνωστό σαν spreading factor). Αυτή η αναλογία σημαίνει απλά πόσα chips χρησιμοποιούνται για να διαδώσουν ένα σύμβολο στοιχείων. Στο UTRAN, το spreading-factor οι τιμές μπορούν να είναι μεταξύ 4 και 512 (εντούτοις, στο TDD επιτρέπεται SF=1). Όσο χαμηλότερο είναι το spreading factor, τόσο περισσότερο ωφέλιμο φορτίο ένα σήμα μπορεί να μεταβιβάσει στη ράδιο υποδοχή. Οι διαδίδοντες κώδικες είναι μοναδικοί, τουλάχιστον στο επίπεδο cell. Αυτό σημαίνει ότι μόλις ένας χρήστης despreads (από-διερευνήσει) το λαμβανόμενο ευρείας ζώνης σήμα, το μόνο συστατικό να despread (από-διερευνήσει) είναι αυτό που ήταν με τον ίδιο κώδικα στη συσκευή αποστολής σημάτων.

Δύο τύποι spreading codes χρησιμοποιούνται στο UTRAN: orthogonal codes και pseudo-noise codes. Spreading codes έχουν χαμηλό cross-correlation με άλλα spreading codes. Στην περίπτωση των πλήρως συγχρονισμένων ορθογώνιων κωδίκων, τα cross-correlation είναι πραγματικά μηδέν. Αυτό υπονοεί ότι διάφορα ευρείας ζώνης σήματα μπορούν να συνυπάρξουν με την ίδια συχνότητα χωρίς αυστηρή αμοιβαία παρέμβαση. Όταν το συνδυασμένο ευρείας ζώνης σήμα συσχετίζεται με το ιδιαίτερο spreading code, μόνο το αρχικό σήμα με το αντίστοιχο spreading code despread(από-διερεύνηση), ενώ όλα τα άλλα συστατικά τα αρχικά σήματα παραμένουν spread. Κατά συνέπεια το αρχικό σήμα μπορεί να ανακτηθεί στο δέκτη εφ' όσον η δύναμη του despread(από-διερεύνηση) σήματος είναι μερικά decibels υψηλότερη από την παρεμβαίνοντα δύναμη του θορύβου; that is, the *carrier-to-interference ratio* (C/I) πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη. Η πυκνότητα ισχύος ενός διαδιδόμενου σήματος μπορεί να είναι πολύ χαμηλότερη από την πυκνότητα ισχύος του σύνθετου ευρείας ζώνης σήματος, και η αποκατάσταση του αρχικού σήματος είναι ακόμα δυνατή εάν ο διαδίδοντας παράγοντας είναι αρκετά υψηλός, αλλά εάν υπάρχουν πάρα πολλοί χρήστες στο κύτταρο που παράγει επίσης πολύ παρέμβαση, κατόπιν το σήμα μπορεί να μπλοκάρει και η επικοινωνία γίνεται αδύνατη.

Ένας ευρείας ζώνης μεταφορέας δεν αυξάνει την χωρητικότητα της διατιθέμενης εύρους ζώνης υπό αυτήν τη μορφή. Σε γενικές γραμμές, ένα σύνολο περιορισμένης ζώνης μεταφορέων που καταλαμβάνουν το ίδιο εύρος ζώνης θα ήταν σε θέση να μεταβιβάσει τόσα δεδομένα όσο το ευρέως ζώνης σήμα. Εντούτοις, σε ένα ευρείας ζώνης σύστημα τα σήματα είναι ανθεκτικότερα σε intercell παρέμβαση, και έτσι είναι δυνατό να επαναχρησιμοποιηθεί η ίδια συχνότητα στα παρακείμενα κύτταρα. Αυτό σημαίνει ότι ο παράγοντας επαναχρησιμοποίησης συχνότητας είναι ένας, ενώ σε χαρακτηριστικά GSM συστήματα η αξία είναι τουλάχιστον τέσσερα; αυτό σημαίνει, η ίδια συχνότητα μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί σε κάθε τέταρτο κύτταρο το πολύ-πολύ. Αυτό το γεγονός παρέχει μόνο ένα ουσιαστικό κέρδος χωρητικότητας σε θέματα περιορισμένης ζώνης συστημάτων, αν και η χωρητικότητα αύξησης δεν είναι απλά άμεσα ανάλογη προς τον παράγοντα επαναχρησιμοποίησης.

## 2.3 CDMA 2000

Το CDMA2000, επίσης γνωστό σαν IS-2000, είναι μια τεχνολογία για την εξέλιξη του cdmaOne/ IS - 95 για τις υπηρεσίες της τρίτης γενιάς, η οποία μπορεί να επεκταθεί σε διάφορες φάσεις. Βασισμένη

στην direct sequence (ευθεία ακολουθία) spread spectrum technology (διευρυμένου φάσματος τεχνολογία) το CDMA2000 λειτουργεί με το FDD τρόπο, με έναν ή περισσότερους φέρον, και είναι προς τα πίσω συμβατό με το 2G σύστημα CDMAOne.

Ένα CDMA2000 σύστημα μπορεί να λειτουργήσει σε διαφορετικά εύρη ζώνης με έναν ή περισσότερους φέροντες. Σε ένα πολυάριθμο σύστημα με φέρον, γειτονικοί φέρον πρέπει να είναι χωρισμένοι από τουλάχιστον 1.25 MHz. Σε έναν πραγματικό πολυάριθμο σύστημα με φέρον (multicarrier system), κάθε φέρον συνήθως έχει εύρος ζώνης 1,25 MHz. Για να παρέχει υπηρεσίες υψηλής ταχύτητας δεδομένων, ένα ενιαίο κανάλι μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ένα εύρος ζώνης των 5 MHz με chip rate των 3.6864 Mc/s.

Το CDMA2000, όπως όλες οι άλλες 3G τεχνολογίες, αναμένεται να υποστηρίξει τους παρακάτω τύπους κίνησης. Οι ρυθμοί δεδομένων μπορούν να ποικίλουν από 9.6 kb/s σε 2 Mb/s:

- Φωνή και voice over IP
- Υπηρεσίες δεδομένων οι οποίες περιλαμβάνουν πακέτα δεδομένων και circuit-emulated ευρέως ζώνης δεδομένα
- Υπηρεσίες Signaling

Η πρώτη φάση, CDMA2000 1X, υποστηρίζει έναν μέσο όρο 144 kbps πακέτα δεδομένων σε ένα mobile περιβάλλον. Η δεύτερη επέκταση του 1X, αποκαλούμενο 1xEV-DO μπορεί να υποστηρίξει ρυθμούς δεδομένων μέχρι 2 Mbps σε έναν dedicated data carrier (φέρων δεδομένων), και η τελική φάση, 1xEV-DV, υποστηρίζει ακόμη υψηλότερα ποσοστά, ταυτόχρονα φωνή και υψηλής ταχύτητας δεδομένα, όπως και βελτιωμένους μηχανισμούς Quality of Service. Ένα βασικό συστατικό του CDMA2000 είναι η δυνατότητά του να υποστηρίξει τις πλήρεις απαιτήσεις των προηγμένων 3G υπηρεσιών όπως multimedia (πολυμέσα) και άλλες υπηρεσίες βασισμένες στην IP (IP-based).

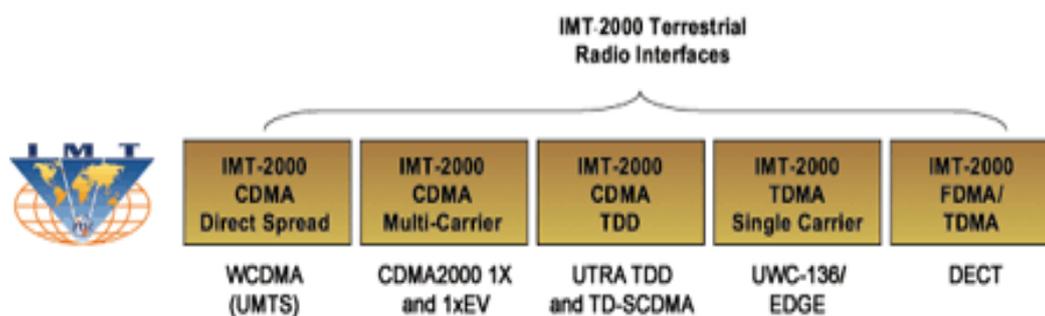
Το CDMA2000 αναφέρεται σε μια συλλογή από πρότυπα τα οποία έχουν μία κοινή ρίζα με το ασύρματο σύστημα 2G IS-95. Όλα τα διαφορετικά πρότυπα μπορούν να συναντήσουν τις απαιτήσεις του IMT-2000 για ένα 3G σύστημα:

- 1XRTT
- 1XEV-DO
- 1XEV-DV

➤ 3XRTT

Συλλογικά διοικείται από την οργάνωση 3GPP2. Το CDMA2000 προέρχεται από βελτιώσεις της ασύρματης τεχνολογίας CDMA cell phone η οποία επιτρέπει στα δεδομένα να μεταδίδονται. Το 2000, το CDMA2000 ήταν η πρώτη τεχνολογία 3G που επεκτάθηκε εμπορικά σαν ένα μέρος της ITU IMT-2000. Μέχρι το 2006, το CDMA Development Group (CDG) έχει αναφέρει ότι οι συνδρομητές του CDMA2000 θα ξεπεράσουν τους 185 εκατομμύρια χρήστες.

Η πρώτη εμπορική χρήση της τεχνολογίας CDMA αναπτύχθηκε στο σύστημα 2G, IS95a. Η αυξημένη χωρητικότητα δεδομένων παρουσιάστηκε στο σύστημα IS95a από την πρόταση 1EXTREME, που είναι γνωστή ως 1xRTT (ή 1x). Η ITU λαμβάνει την υποβολή για 3xRTT ως 3G τεχνολογία για να υποστηρίξει την IMT-2000 πρόταση.



**Σχήμα 9. Παράγωγα IMT-2000**

- Χρησιμοποιεί 3 παρακαίμενα κανάλια για να παραδώσει την απαιτούμενη απόδοση.
- Εργάζεται για την ανάπτυξη (EV) του 1xRTT που ονομάζεται High Data Rate (HDR) που οδηγεί στο πρότυπο 1xEV-DO, το οποίο συναντά τις απαιτήσεις του IMT-2000 για Data Only (DO) συμφόρηση μέσα στα υπάρχοντα όρια του φάσματος.
- Εργασία για την multi-rate κωδικοποίηση και άλλες προηγμένες ασύρματες τεχνικές στο 1xRTT σύστημα, οδηγεί στο πρότυπο 1xEV-DV το οποίο μπορεί να συναντήσει τις απαιτήσεις του IMT-2000 για δεδομένα και φωνή Data and Voice (DV) μέσα στα υπάρχοντα όρια φάσματος.

## 2.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ CDMA2000

Το CDMA2000 ωφελήθηκε από την εκτενή εμπειρία που αποκτήθηκε μέσω της λειτουργίας των συστημάτων CDMA One όλων αυτών των χρόνων. Σαν αποτέλεσμα το CDMA2000 είναι μία

αποτελεσματική και γερή τεχνολογία. Παραδίδει την υψηλότερη χωρητικότητα φωνής και δεδομένων χρησιμοποιώντας το ελάχιστο ποσό του φάσματος, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να παρέχει αστικές υπηρεσίες καθώς επίσης και σε απομακρυσμένες περιοχές επικερδώς.

Τα μοναδικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα, οφέλη, και η απόδοση του CDMA2000 το κάνουν μία άριστη τεχνολογία για high-voice capacity και πακέτα δεδομένων υψηλής ταχύτητας. Αφού το CDMA2000 1X υποστηρίζει και φωνή και υπηρεσίες δεδομένων στον ίδιο (carrier) φέρων, επιτρέπει στους χειριστές να παρέχουν αποτελεσματικό κόστος. Το CDMA2000 1xEV-DO βελτιστοποιείται για δεδομένα και είναι ικανό να υποστηρίξει μεγάλους όγκους συμφόρησης δεδομένων σε ευρυζωνικές ταχύτητες. Το 1xEV-DO είναι κατάλληλο να παρέχει υπηρεσίες δεδομένων υψηλής ταχύτητας στους mobile συνδρομητές και/ή broadband πρόσβαση στο Internet.

Λόγω της βελτιστοποιημένης ραδιο τεχνολογίας του, το CDMA2000 επιτρέπει στους χειριστές να επενδύσουν σε λιγότερες cell περιοχές και τους επεκτείνει γρηγορότερα, τελικά επιτρέποντας στους φορείς παροχής υπηρεσιών να αυξήσουν τα εισοδήματά τους με γρηγορότερα Return On Investment (ROI).

Η εξελικτική πορεία του CDMA2000 σχεδιάστηκε ώστε να ελαχιστοποιήσει την επένδυση και ο αντίκτυπος στο δίκτυο ενός χειριστή χωρίς διακοπή υπηρεσιών για τον τελικό χρήστη. Αυτό έχει επιτευχθεί μέσω backward και forward συμβατότητα, επαναχρησιμοποίηση hardware, in-band migration και διαμόρφωση υβριδικού δικτύου. Αυτό το μοναδικό χαρακτηριστικό γνώρισμα των τεχνολογιών CDMA2000 έχει παράσχει στους χειριστές ένα σημαντικό time-to-market πλεονέκτημα έναντι άλλων 3G τεχνολογιών.

Βασικά πλεονεκτήματα των τεχνολογιών CDMA2000:

- Αυξανόμενη ικανότητα φωνής
- Υψηλότερη ρυθμοαπόδοση δεδομένων
- Multicast Services

Πρόσθετα πλεονεκτήματα CDMA2000:

- Ευελιξία συχνότητας ζώνης
- Migration Path
- Εξυπηρετεί πολλαπλάσιες αγορές
- Υποστηρίζει πολλαπλάσιες πλατφόρμες υπηρεσιών

- Πλήρης backward συμβατότητα

## 2.5 Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΗΜΕΡΑ

- Τα 1xRTT συστήματα επεκτείνονται στην Ιαπωνία και την Κορέα  
Καλή αρχική λήψη από τους καταναλωτές
- Οι δοκιμές για το 1xEV-DO βρίσκονται υπό εξέλιξη ή πλησιάζουν την ολοκλήρωση
- Επέκταση εν εξελίξει
- Η ανάπτυξη έχει αρχίσει για το 1xEV-DV
- Ανταγωνισμός από W-CDMA και χρήση από Wireless-LAN “Hot-spots” για να αποδώσουν μόνο υπηρεσίες δεδομένων υψηλών ταχυτήτων (high-speed data).

## 2.6 CDMA2000-1xRTT

Το CDMA2000-1xRTT θεωρείται από πολλούς να είναι μία τεχνολογία 2.5G. Μία ενίσχυση στα υπάρχοντα αναπτυσσόμενα δίκτυα 2G. Πολλές βελτιώσεις έγιναν πάνω στο CDMAone (IS95a/b networks):

- Βελτιωμένο power control
- Ποικιλομορφία transmitting (μετάδοσης)
- Διαμόρφωση -αλλαγές στο σχέδιο
- Νέοι φωνητικοί κωδικοποιητές και αποκωδικοποιητές (codecs)
- Επέκταση του αριθμού των Walsh codes
- Αλλαγές στο εύρος ζώνης του καναλιού.

Το 1xRTT χρησιμοποιεί το ίδιο bandwidth spectrum 1.25MHz όπως το IS-95A/B( ‘1x’ αντιπροσωπεύει ‘1 times’ τη συχνότητα bandwidth του IS-95)

Το CDMA2000-1xRTT θεωρητικά αυξάνει τους ρυθμούς δεδομένων IS-95B από 115.2kbps σε 307kbps. Το 1xRTT διπλασιάζει τη χωρητικότητα στο κανάλι σε IS-95A.

## 2.7 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥ CDMA2000

Channel bandwidth	5 MHz
-------------------	-------

Base station synchronization	Asynchronous, GPS time reference
Duplex mode	FDD and TDD
Chip rate	3.6864 Mcps
Frame length	20 ms
Modulation	QPSK (downlink), and Hybrid Phase Shift Keying HPSK (uplink)
Channel coding	Convolutional and turbo codes
Spreading codes	Walsh code Pseudo noise code
Power control	Open and closed loop

Η πρόσβαση του cdma2000 βασίζεται σε στενή ζώνη DS-CDMA με chip rate 3.6864 Mcps. Αυτό το chip rate είναι τρεις φορές το chip rate του IS-95 συστήματος το οποίο είναι 1.2288 Mcps. Το πρότυπο του cdma2000 επίσης υποστηρίζει υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων με  $N \cdot 1.2288$  Mcps, όπου  $N$  είναι 1,3,6,9, και 12. Παρόμοια με το UTRA, το cdma2000 επίσης υποστηρίζει FDD και TDD τρόπους διαδικασιών.

**FDD:** Οι uplink και downlink μεταδόσεις χρησιμοποιούν δύο χωριστές ζώνες συχνότητας για αυτήν την διπλή μέθοδο. Ένα ζευγάρι των ζωνών συχνότητας με διευκρινισμένο χωρισμό ορίζεται για μία σύνδεση.

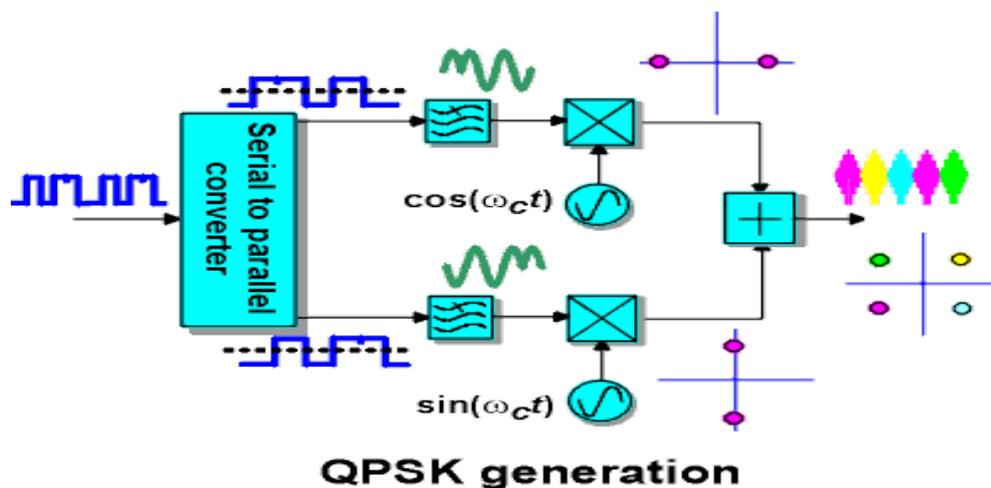
**TDD:** Σε αυτήν την διπλή μέθοδο, uplink και downlink μεταδόσεις μεταφέρονται στην ίδια ζώνη συχνότητας με τη χρησιμοποίηση συγχρονισμένα χρονικά διαστήματα. Συνεπώς time slots σε ένα φυσικό κανάλι χωρίζονται σε μετάδοση και μέρος υποδοχής.

## 2.8 QPSK MODULATION (ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ)

Η CDMA2000 χρησιμοποιεί QPSK διαμόρφωση, η οποία είναι διαμόρφωση μετατόπισης φάσης με ορθογωνισμό. Η QPSK είναι ένα σύστημα διαμόρφωσης PSK με τέσσερις καταστάσεις φάσης, 0 μοίρες, 90 μοίρες, 180 μοίρες και 270 μοίρες, σε ορθογωνικότητα φάσης (quadrature) 90 μοίρες η μία από την άλλη. Η ιδιότητα της ορθογωνικότητας της QPSK σημαίνει ότι η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποστολή πληροφορίας με ταχύτητα διπλάσια από αυτήν της BPSK στο ίδιο εύρος ζώνης, χωρίς να υποβαθμιστεί η απόδοση της ανίχνευσης ως προς την BPSK.

### 2.8.1 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ QPSK

Το διάγραμμα βαθμίδων ενός διαμορφωτή και ανιχνευτή QPSK εικονίζεται στο σχήμα 10. Στην ουσία πρόκειται για δύο συστήματα διαμόρφωσης BPSK που χρησιμοποιούν ορθογωνικά φέροντα τα οποία αθροίζονται παράλληλα. Τα δεδομένα της πηγής χωρίζονται καταρχήν σε δύο ακολουθίες, συνήθως στέλνοντας τα εισερχόμενα bit εναλλάξ στον άνω και στον κάτω διαμορφωτή. Η κάθε ακολουθία εμφανίζεται με το ήμισυ του αρχικού ρυθμού. Μπορούν επιπλέον να χρησιμοποιηθούν συμβατικά φίλτρα ρίζας υψωμένου συνημίτονου για να μορφοποιηθούν στο κάθε κανάλι οι παλμοί των δεδομένων προτού υποστούν διαμόρφωση.



Σχήμα 10. Υλοποίηση της διαμόρφωσης QPSK

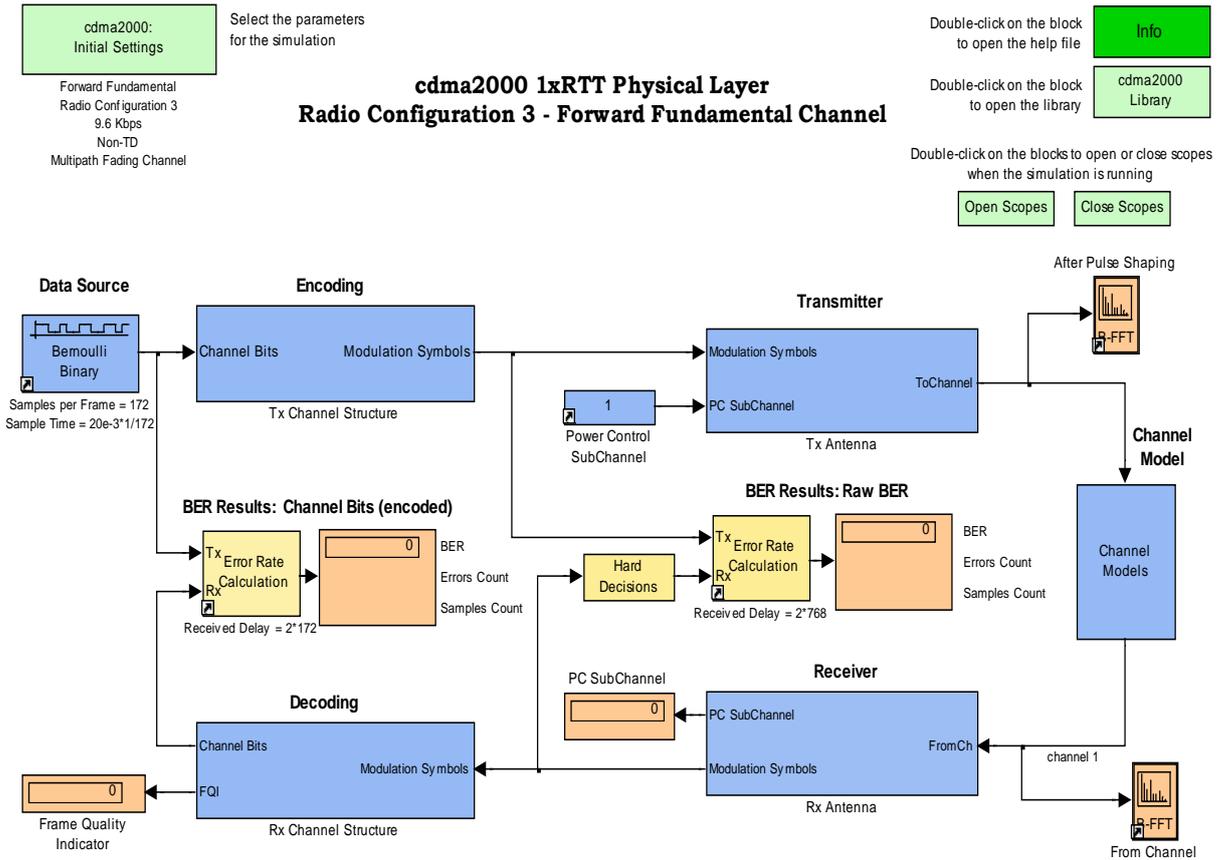
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1 ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ CDMA2000 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

Το φυσικό επίπεδο του cdma2000, μιμείται μέρος του downlink φυσικού επιπέδου ενός ασύρματου συστήματος επικοινωνιών σύμφωνα με τις προδιαγραφές του cdma2000. Ειδικότερα, το demo εστιάζει στη Radio Configuration 3 ενός forward fundamental channel of a 1x forward link μεταξύ ενός σταθμού βάσης και ενός mobile σταθμού.

Το cdma2000 είναι μία άμεσα μεταδιδόμενη τεχνολογία. Αυτό σημαίνει ότι διαδίδει κωδικοποιημένα δεδομένα χρηστών σε ένα σχετικά χαμηλό ποσοστό πέρα από ένα πολύ ευρύτερο εύρος ζώνης (1.23 MHz για την περίπτωση 1x), χρησιμοποιώντας μια ακολουθία από ψευδοτυχαίες ενότητες αποκαλούμενες chips σε ένα πολύ υψηλότερο ποσοστό (1.2288 Mcps). Με την ανάθεση ενός μοναδικού κώδικα σε κάθε χρήστη, ο receiver (δέκτης), όποιος έχει γνώση του κώδικα του προοριζόμενου χρήστη, μπορεί επιτυχώς να διαχωρίσει το επιθυμητό σήμα από το λαμβανόμενο κυματοειδές.

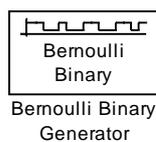
Τα βασικά συστατικά του φυσικού επιπέδου είναι transmitting base station (σταθμός βάσης πομπού), channel (κανάλι), και mobile receiver(δέκτης). Ο σταθμός βάσης του πομπού στη συνέχεια περιλαμβάνει encoder (κωδικοποιητής) και transmitter (πομπός), ενώ ο mobile receiver περιλαμβάνει decoder (αποκωδικοποιητής) και το (receiver subsystem) υποσύστημα του δέκτη.



Σχήμα 11. ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ CDMA2000 1xRTT

### 3.1.1 BERNOULLI BINARY GENERATOR

Το μπλοκ Bernoulli Binary Generator παράγει τυχαίους δυαδικούς αριθμούς χρησιμοποιώντας μία διανομή Bernoulli. Η Bernoulli διανομή με την παράμετρο  $p$  παράγει 0 με πιθανότητα  $p$  και 1 με την πιθανότητα  $1-p$ . Η Bernoulli διανομή έχει μέση τιμή  $1-p$  και διαφορά  $p(1-p)$ . Η πιθανότητα μιας μηδενικής παραμέτρου καθορίζει  $p$ , και μπορεί να είναι οποιοσδήποτε πραγματικός αριθμός μεταξύ 0 και 1.

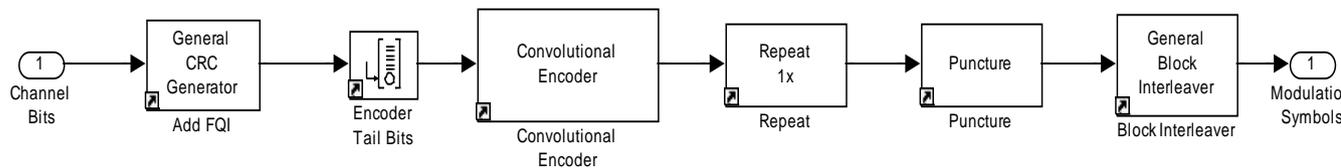


Σχήμα 12. Bernoulli Binary Generator

### 3.1.2 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ(ENCODING)

**Tx Channel Structure for Forward Fundamental Channel - Radio Configuration 3**

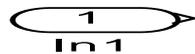
Performs Frame Quality Indicator and tail bits attachment, convolutional encoding with rate 1/4 constraint length 9, repetition and puncturing as described in Figure 3.1.3.1.1-15



Σχήμα 13. ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ (ENCODING)

#### 3.1.2.1 CHANNEL BITS

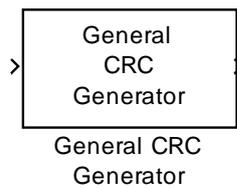
Δημιουργεί μία θύρα εισόδου για ένα υποσύστημα ή μία εξωτερική είσοδο.



Σχήμα 14. CHANNEL BITS

#### 3.1.2.2 GENERAL CRC GENERATOR

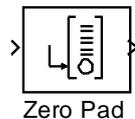
Το μπλοκ General CRC Generator παράγει κυκλικούς κώδικες πλεονασμού (CRC) bits για κάθε δεδομένο εισόδου και τους επισυνάπτει στο πλαίσιο.



Σχήμα 15. GENERAL CRC GENERATOR

### 3.1.2.3 ZERO PAD

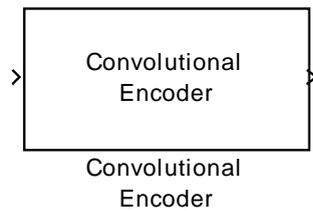
Αλλάζει τις διαστάσεις εισαγωγής με zero-padding (ή περικόπτοντας) σειρές ή/και στήλες.



Σχήμα 16. ZERO PAD

### 3.1.2.4 CONVOLUTIONAL ENCODER

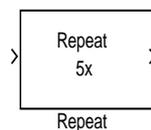
Το μπλοκ Convolutional Encoder κωδικοποιεί μια ακολουθία δυαδικών διανυσμάτων εισόδου για να παράγουν μια ακολουθία δυαδικών διανυσμάτων εξόδου. Αυτό το μπλοκ μπορεί να επεξεργαστεί πολλαπλάσια σύμβολα σε ένα χρόνο.



Σχήμα 17. CONVOLUTIONAL ENCODER

### 3.1.2.5 REPEAT

Το μπλοκ Repeat ανεβάζει τα δείγματα κάθε καναλιού του Mi-by-N εισόδου σε ένα ρυθμό L φορές υψηλότερο από το ποσοστό δειγμάτων εισόδου με την επανάληψη κάθε διαδοχικού δείγματος εισαγωγής L φορές στην έξοδο.



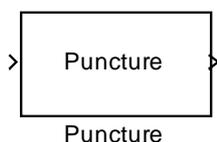
Σχήμα 18. REPEAT

### 3.1.2.6 PUNCTURE

Το μπλοκ Puncture δημιουργεί ένα διάνυσμα εξόδου με μετακίνηση επιλεγμένων στοιχείων του διανύσματος εισόδου και διατηρώντας άλλα. The input μπορεί να είναι ένα πραγματικό ή σύνθετο διάνυσμα μήκους K. Το μπλοκ καθορίζει ποια στοιχεία να

μετακινηθούν ή να διατηρηθούν με τη χρησιμοποίηση του δυαδικού Puncture vector parameter:

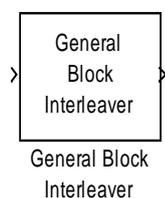
- Εάν Puncture vector(k) = 0, τότε το στοιχείο kth του διανύσματος εισόδου δεν γίνεται μέρος του output διανύσματος.
- Εάν Puncture vector(k) = 1, τότε το στοιχείο kth του input διανύσματος διατηρείται στο output vector.



Σχήμα 19. PUNCTURE

### 3.1.2.7 GENERAL BLOCK INTERLEAVER

Το μπλοκ General Block Interleaver ρυθμίζει εκ νέου τα στοιχεία του διανύσματος εισόδου χωρίς την επανάληψη ή παράλειψη οποιωνδήποτε στοιχείων. Η είσοδος μπορεί να είναι πραγματική ή σύνθετη.



Σχήμα 20. GENERAL BLOCK INTERLEAVER

### 3.1.2.8 OUTPORT (ΘΥΡΑ ΕΞΟΔΟΥ)

Τα μπλοκ Outport είναι οι συνδέσεις από ένα σύστημα σε έναν προορισμό έξω από το σύστημα. Το Simulink ορίζει Outport block port αριθμούς σύμφωνα με αυτούς τους κανόνες: Αυτό αυτόματα αριθμίζει the Outport blocks μέσα σε ένα κορυφαίο σύστημα ή ένα υποσύστημα διαδοχικά, αρχίζοντας από 1. Εάν προσθέσουμε ένα Outport block, ορίζει τον επόμενο διαθέσιμο αριθμό. Εάν διαγράψουμε an Outport block, άλλοι port αριθμοί ξανααριθμούνται αυτόματα για να εξασφαλίσουν ότι the Outport blocks είναι στη σειρά και ότι κανένας αριθμός δεν παραλείπεται. Εάν αντιγράψουμε ένα Outport block σε ένα

σύστημα, ο αριθμός της θύρας του δεν ξαναριθμείται εκτός αν ο τρέχων αριθμός του συγκρούεται με an Outport blockτο οποίο υπάρχει ήδη στο σύστημα.Εάν ο αντεγραμμένος αριθμός της θύρας Outport block δεν είναι στη σειρά, πρέπει να ξαναριθμήσετε το μπλοκ ή θα λάβετε ένα μήνυμα λάθους όταν τρέχετε την προσομοίωση ή ενημερώνετε το διάγραμμα blocks.

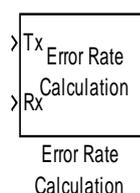


Σχήμα 21. OUTPORT (ΘΥΡΑ ΕΞΟΔΟΥ)

### 3.1.3 ERROR RATE CALCULATION

Το μπλοκ Error Rate Calculation συγκρίνει τα δεδομένα εισόδου από τον transmitter (πομπός) με δεδομένα εισόδου (input data) από το (receiver) δέκτη. Υπολογίζει το ποσοστό λάθους σαν μία τρέχων στατιστική, με τη διαίρεση του συνολικού αριθμού των ανόμοιων ζευγαριών των στοιχείων δεδομένων από το συνολικό αριθμό των στοιχείων δεδομένων εισόδου από μια πηγή.

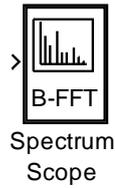
Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτό το μπλοκ για να συγκρίνουμε είτε symbol είτε bit error rate,επειδή δεν υπολογίζει το μέγεθος της μεταξύ των στοιχείων των δεδομένων εισόδου.Αν οι είσοδοι είναι bits,τότε το μπλοκ υπολογίζει το bit error rate. Αν οι είσοδοι είναι σύμβολα, τότε το μπλοκ υπολογίζει το symbol error rate.



Σχήμα 22. ERROR RATE CALCULATION

### 3.1.4 SPECTRUMSCOPE (ΦΑΣΜΑΤΙΚΟΣ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ)

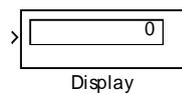
Υπολογίζει και επιδεικνύει περιοδικά κάθε σήμα εισαγωγής.



Σχήμα 23. SPECTRUM SCOPE

### 3.1.5 DISPLAY

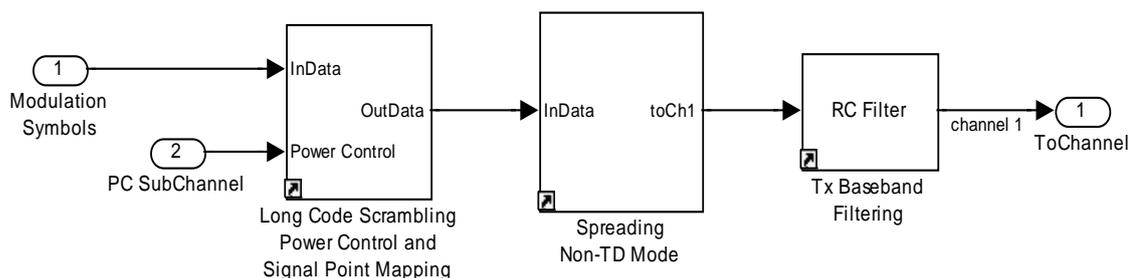
Παρουσιάζει την τιμή της εισόδου,στη συγκεκριμένη περίπτωση τις μετρήσεις για το BER.



Σχήμα 24. DISPLAY

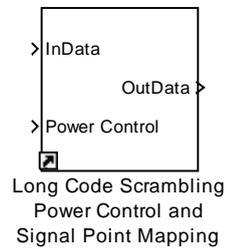
### 3.1.6 TRANSMITTER (ΠΟΜΠΟΣ)

Ο transmitter (πομπός) υποστηρίζει το uplink ενός CDMA2000 συστήματος. Παρέχει μια ψηφιακή υποδοχή για επεξεργαστή βασικής ζώνης. Ο επεξεργαστής βασικής ζώνης στέλνει το διαδιδόμενο σήμα μέσω της ψηφιακής υποδοχής στον transmitter. Ο transmitter διαμορφώνει τα baseband σήματα σε μια ραδιοσυχνότητα (RF) φέρον. Το διαμορφωμένο RF σήμα ενισχύεται έπειτα, φιλτραρίζεται και διαβιβάζεται στο σταθμό βάσης μέσω της σύνδεσης αέρα. Για να καταπολεμήσει το near-far πρόβλημα, ο transmitter λειτουργεί από κοινού με ένα transmit power control (TPC) για να διατηρήσει την transmit power σε κατάλληλο επίπεδο. Ο έλεγχος καθορίζει το επίπεδο δύναμης με βάση την ψηφιακή εντολή από τον baseband processor.



Σχήμα 25. TRANSMITTER

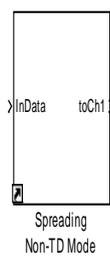
### 3.1.6.1 LONG CODE SCRAMBLING



Σχήμα 26. LONG CODE SCRAMBLING

### 3.1.6.2 SPREADING NON-TD MODE

Εκτελεί Orthogonal spreading χρησιμοποιώντας real-valued Quasi-Orthogonal λειτουργία και Quadrature spreading χρησιμοποιώντας complex-valued PN ακολουθία



Σχήμα 27. SPREADING NON-TD MODE

### 3.1.6.3 RC FILTER

Ανεβάζει τα δείγματα και φιλτράρει τα σήματα εισόδου.



Σχήμα 28. RC FILTER

### 3.1.7 POWER CONTROL

Ο αποδοτικός έλεγχος δύναμης (power control) είναι πολύ σημαντικός για την απόδοση των δικτύων CDMA. Απαιτείται για να ελαχιστοποιηθεί η παρέμβαση στο σύστημα, και λαμβάνοντας υπόψη τη φύση του DS-CDMA (όλα τα σήματα διαβιβάζονται χρησιμοποιώντας την ίδια συχνότητα στον ίδιο χρόνο), a good power control ο αλγόριθμος είναι ουσιαστικός.

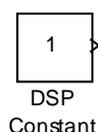
Power control απαιτείται και uplink και downlink, αν και για διαφορετικούς λόγους. Στην uplink κατεύθυνση, όλα τα σήματα πρέπει να φθάσουν στο σταθμό βάσης του δέκτη με την ίδια δύναμη σήματος. Οι σταθμοί δεν μπορούν να μεταδώσουν χρησιμοποιώντας fixed power levels, επειδή τα cells θα εξουσιαζόντουσαν από χρήστες πιο κοντά στο σταθμό βάσης και οι μακρινοί χρήστες δεν θα μπορούσαν να πάρουν τα σήματά τους ακουσίματα στο σταθμό βάσεων. Το φαινόμενο καλείται near-far effect.

Αυτό το πρόβλημα απαιτεί uplink power control. Οι σταθμοί μακριά από το σταθμό βάσης πρέπει να διαβιβάσουν με αρκετά υψηλότερη δύναμη από mobiles κοντά στο σταθμό βάσεων. Η κατάσταση είναι διαφορετική στη downlink κατεύθυνση. Στη downlink σήματα που διαβιβάζονται από έναν σταθμό βάσεων είναι ορθογώνια. Τα σήματα που είναι αμοιβαία ορθογώνια δεν παρεμποδίζουν το ένα το άλλο. Εντούτοις, είναι αδύνατο να επιτευχθεί πλήρης ορθογωνικότητα στα χαρακτηριστικά περιβάλλοντα χρήσης. Αντανακλάσεις σημάτων προκαλούν nonorthogonal παρέμβαση ακόμα κι αν μόνο ένας σταθμός

βάσης εξετάζεται. Επιπλέον, σήματα σταλμένα από σταθμούς είναι φυσικά, nonorthogonal και γι' αυτό αυξάνεται το επίπεδο της παρεμβολής.

### DSP CONSTANT

Παράγει διακεκριμένα - ή συνεχή-χρόνου σταθερά σήματα.



Σχήμα 29. DSP CONSTANT

### 3.1.8 CHANNEL MODEL AWGN

Ένα κανάλι AWGN προσθέτει λευκό Gaussian θόρυβο στο σήμα το οποίο περνάει μέσω αυτού. Το AWGN Channel block προσθέτει λευκό Gaussian θόρυβο σε ένα πραγματικό ή σύνθετο σήμα εισόδου. Όταν το σήμα εισόδου είναι πραγματικό, το μπλοκ προσθέτει πραγματικό Gaussian θόρυβο και παράγει ένα πραγματικό σήμα εξόδου. Όταν το σήμα εισόδου είναι σύνθετο, το μπλοκ προσθέτει Gaussian θόρυβο και παράγει ένα σύνθετο σήμα εξόδου. Αυτός το μπλοκ κληρονομεί το χρόνο δειγμάτων του από το σήμα εισόδου. Η σχετική δύναμη του θορύβου σε ένα κανάλι AWGN τυπικά περιγράφεται από ποσότητες όπως :

- Signal-to-noise ratio (SNR) per sample. Αυτό είναι η πραγματική παράμετρος εισόδου στη λειτουργία AWGN.
- Ratio of bit energy to noise power spectral density ( $E_b/N_0$ ).

Ratio of symbol energy to noise power spectral density ( $E_s/N_0$ )

Σχέση μεταξύ  $E_s/N_0$  and  $E_b/N_0$

Η σχέση μεταξύ  $E_s/N_0$  και  $E_b/N_0$ , και οι δύο εκφράζονται σε dB, είναι ως εξής:

$$E_s/N_0 \text{ (db)} = E_b/N_0 \text{ (db)} + 10 \log_{10}(k)$$

όπου  $k$  είναι ο αριθμός of information bits ανά σύμβολο.

Σχέση μεταξύ  $E_s/N_0$  και SNR

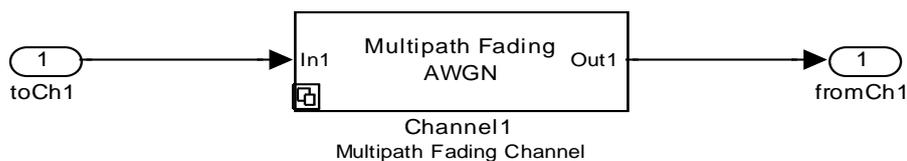
Η σχέση μεταξύ  $E_s/N_0$  και SNR, και οι δύο εκφράζονται σε dB, είναι ως εξής:

$$E_s/N_0 \text{ (db)} = 10 \log_{10}(T_{\text{sym}}/T_{\text{samp}}) + \text{SNR (db)}$$

για σύνθετα σήματα εισόδου

$$E_s/N_0 \text{ (db)} = 10 \log_{10}(2T_{\text{sym}}/T_{\text{samp}}) + \text{SNR (db)}$$

για πραγματικά σήματα εισόδου  
 όπου  $T_{\text{sym}}$  είναι η περίοδος συμβόλων του σήματος και  $T_{\text{samp}}$  είναι η περίοδος δειγματοληψίας του σήματος

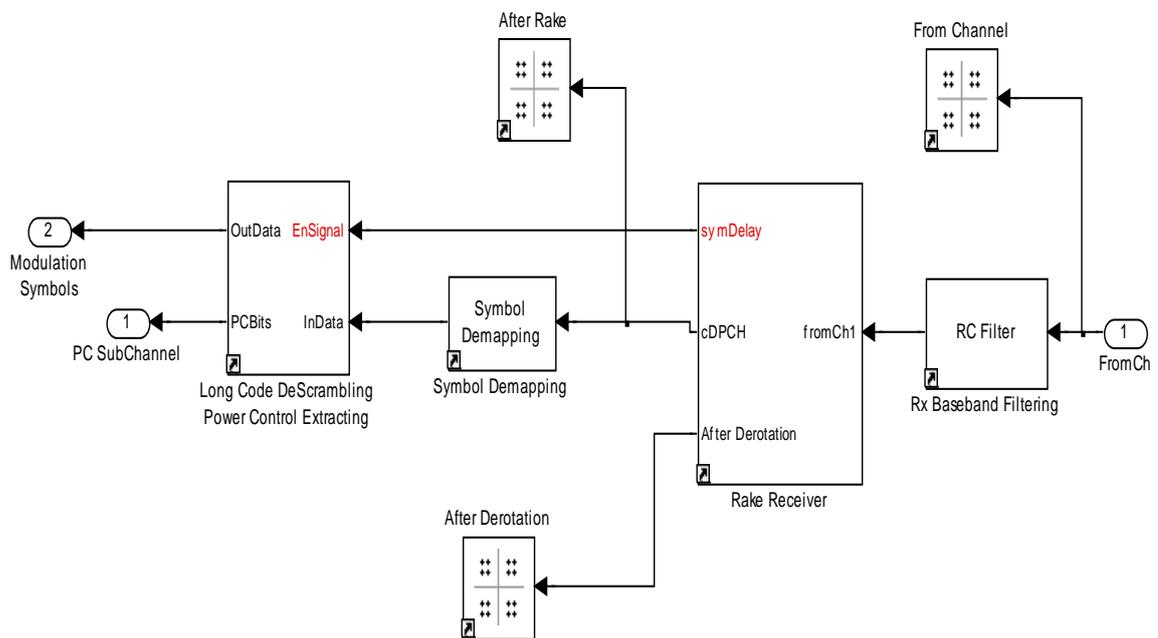


Σχήμα 30. AWGN

### 3.1.9 RECEIVER (ΔΕΚΤΗΣ)

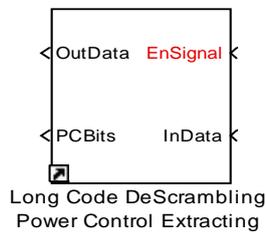
Ο δέκτης υποστηρίζει την downlink ενός CDMA2000 συστήματος. Λαμβάνει το σήμα ραδιοσυχνότητας από έναν απόμακρο σταθμό βάσης. Το front-end του receiver επεξεργάζεται τη ραδιοσυχνότητα (RF) και την ενδιάμεση συχνότητα (IF). Ο αποδιαμορφωτής του δέκτη ανακτά τα baseband σήματα από τα IF σήματα. Το τελευταίο στάδιο του δέκτη αποτελείται από αναλογικούς-ψηφιακούς μετατροπείς (ADC). Αυτοί οι μετατροπείς είναι η υποδοχή μεταξύ του δέκτη και του baseband επεξεργαστή. Οι μετατροπείς ψηφιοποιούν τα baseband σήματα και παρέχουν ψηφιακούς εξόδους στον baseband επεξεργαστή.

Ο δέκτης λειτουργεί από κοινού με το automatic gain control (AGC) και το automatic frequency control (AFC). Το AGC βελτιώνει η δυναμική περιοχή του δέκτη με τη διατήρηση ενός σταθερού επιπέδου σημάτων στην είσοδο του ADCs. Το AFC βελτιώνει την ευαισθησία του δέκτη με την παραγωγή ακριβούς απόδιαμόρφωσης της βασικής ζώνης.



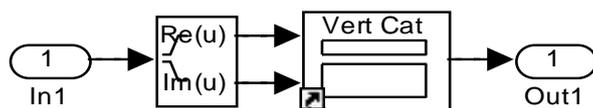
Σχήμα 31. RECEIVER

### 3.1.9.1 LONG CODE DESCRAMBLING



Σχήμα 32. LONG CODE DESCRAMBLING

### 3.1.9.2 SYMBOL DEMAPPING

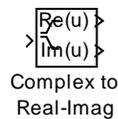


Σχήμα 33. SYMBOL DEMAPPING

#### 3.1.9.2a Complex to Real-Imag

Το μπλοκ The Complex to Real-Imag δέχεται ένα σύνθετο σήμα από οποιοδήποτε τύπο στοιχείων που υποστηρίζεται από το Simulink, περιλαμβάνοντας fixed-point τύπους δεδομένων. Εξάγει τα

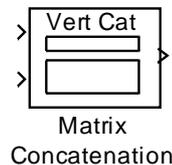
πραγματικά και /ή φανταστικά μέρη του σήματος εισόδου, ανάλογα με τη ρύθμιση από την παράμετρο Output. Τα πραγματικά αποτελέσματα είναι του ίδιου τύπου δεδομένων στην σύνθετη είσοδο. Η είσοδος μπορεί να είναι ένας πίνακας (διάνυσμα ή matrix) σύνθετων σημάτων.



Σχήμα 34. COMPLEX TO REAL-IMAG

### 3.1.9.3 MATRIX CONCATENATION

Συνδέει εισόδους κάθετα

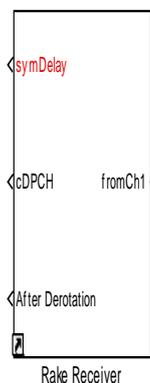


Σχήμα 35. MATRIX CONCATENATION

### 3.1.9.4 RAKE RECEIVER

Σε ένα πολλαπλών διαδρομών κανάλι, το αρχικό μεταδιδόμενο σήμα απεικονίζει τα εμπόδια κατά τη διαδρομή προς το δέκτη, και ο δέκτης λαμβάνει πολλαπλά αντίγραφα του αρχικού σήματος με διαφορετικές καθυστερήσεις. Αυτά τα πολλαπλών διαδρομών σήματα μπορούν να ληφθούν και να συνδυαστούν χρησιμοποιώντας ένα RAKE

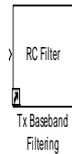
receiver. Ο RAKE receiver αποτελείται από correlators, επίσης γνωστούς σαν RAKE fingers, κάθε ένας λαμβάνει ένα πολλαπλών διαδρομών σήμα. Μετά την despreading (από-διερεύνηση) από correlators με ένα τοπικό αντίγραφο της κατάλληλα καθυστερημένης εκδοχής του transmitter spreading code, τα σήματα συνδυάζονται. Αφού τα λαμβανόμενα πολλαπλών διαδρομών σήματα εξασθενίζουν ανεξάρτητα, αυτή η μέθοδος καλυτερεύει την ποιότητα και την απόδοση των συνδυασμένων σημάτων. Καλείται RAKE receiver για δύο λόγους. Ένας είναι ότι τα περισσότερα διαγράμματα block της συσκευής μοιάζουν με μια τσουγκράνα κήπων; κάθε δόντι της τσουγκράνας είναι ένα από τα δάχτυλα. Ο άλλος λόγος είναι ότι μια κοινή τσουγκράνα κήπων μπορεί να επεξηγήσει τη λειτουργία του RAKE receiver. Ο τρόπος με τον οποίο μία τσουγκράνα καθαρίζει μοιάζει με τον τρόπο με τον οποίο τα RAKE fingers εργάζονται μαζί για να ανακτήσετε πολλαπλές εκδοχές ενός σήματος του πομπού. Ένα μεμονωμένο σήμα λαμβανόμενο από ένα RAKE finger μπορεί να είναι πάρα πολύ αδύνατο για να παράγει ένα σωστό αποτέλεσμα. Εντούτοις, συνδυάζοντας διάφορα σύνθετα σήματα σε ένα RAKE receiver αυξάνεται η πιθανότητα της αναπαραγωγής του σωστού σήματος.



**Σχήμα 36. RAKE RECEIVER**

### 3.1.9.5 RC FILTER

Ανεβάζει τα δείγματα και φιλτράρει τα σήματα εισόδου.

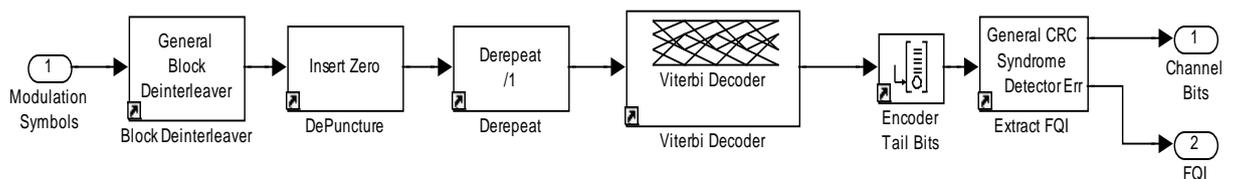


Σχήμα 37. RC FILTER

### 3.1.10 DECODING (ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ)

**Rx Channel Structure for Forward Fundamental Channel - Radio Configuration 3**

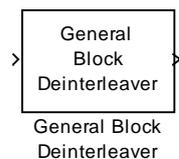
Performs depuncturing, derepetition, convolutional decoding, encoder tail bits detachment and computes Frame Quality Indicator extraction as described in Figure 3.1.3.1.1.1-15



Σχήμα 38. DECODING (ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ)

#### 3.1.10.1 GENERAL BLOCK DEINTERLEAVER

The General Block Deinterleaver block ρυθμίζει εκ νέου τα στοιχεία του διανύσματος εισόδου χωρίς την επανάληψη ή την παράλειψη κάποιου στοιχείου. Η είσοδος μπορεί να είναι πραγματική ή σύνθετη.



**Σχήμα 39. GENERAL BLOCK DEINTERLEAVER**

### 3.1.10.2 DEPUNCTURE

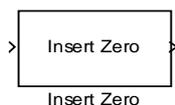
#### Insert Zero

Διανέμει στοιχεία εισόδου σε ένα διάνυσμα εξόδου.

Το μπλοκ Insert Zero κατασκευάζει ένα διάνυσμα εξόδου με την εισαγωγή zeros ανάμεσα στα στοιχεία του διανύσματος εξόδου. Η είσοδος μπορεί να είναι πραγματική ή σύνθετη. Το μπλοκ καθορίζει πού θα τοποθετηθούν τα zeros με τη χρησιμοποίηση της διανυσματικής παραμέτρου Insert zero. Το Insert zero είναι ένα δυαδικό διάνυσμα του οποίου τα στοιχεία τακτοποιούνται έτσι ώστε:

Κάθε 1 δείχνει ότι το μπλοκ πρέπει να τοποθετήσει το επόμενο στοιχείο της εισόδου στο διάνυσμα εξόδου

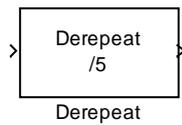
Κάθε 0 δείχνει ότι το μπλοκ πρέπει να τοποθετήσει ένα 0 στο διάνυσμα εξόδου



**Σχήμα 40. DEPUNCTURE**

### 3.1.10.3 DERPEAT

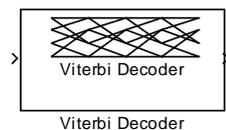
Μειώνει το ποσοστό δειγματοληψίας με τον υπολογισμό του μέσου όρου των διαδοχικών δειγμάτων



Σχήμα 41. DEREPEAT

### 3.1.10.4 VITERBI DECODER

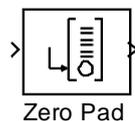
Αποκωδικοποιεί κωδικοποιημένα δεδομένα χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο Viterbi. Το μπλοκ Viterbi Decoder αποκωδικοποιεί σύμβολα εισόδου για να παράγει δυαδικά σύμβολα εξόδου. Αυτό μπλοκ μπορεί να επεξεργαστεί διάφορα σύμβολα για γρηγορότερη απόδοση.



Σχήμα 42. VITERBI DECODER

### 3.1.10.5 ZERO PAD

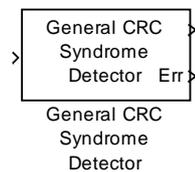
Αλλάζει τις διαστάσεις εισαγωγής με zero-padding (ή περικόπτοντας) σειρές ή/και στήλες.



Σχήμα 43. ZERO PAD

### 3.1.10.6 GENERAL CRC SYNDROME DETECTOR

Ανιχνεύει λάθη στα πλαίσια των δεδομένων εισόδου σύμφωνα με το πολυώνυμο generator. Το μπλοκ General CRC Syndrome Detector υπολογίζει checksums για ολόκληρο το πλαίσιο εισόδου. Η δεύτερη έξοδος του μπλοκ είναι ένα διάνυσμα του οποίου το μέγεθος είναι ο αριθμός των checksums, και του οποίου οι καταχωρήσεις είναι 0 εάν ο υπολογισμός του checksum αποδίδει μια τιμή μηδέν, ή αλλιώς 1. Η πρώτη έξοδος του μπλοκ είναι το σύνολο των message words με τα checksums μετακινημένα.



**Σχήμα 44. GENERAL CRC SYNDROME DETECTOR**

## 3.2 ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ CDMA2000

Για να κάνουμε προσομοίωση στο CDMA2000 ένας προσομοιωτής σήματος εφαρμόστηκε στο φυσικό επίπεδο του cdma2000 με την προδιαγραφή του IMT-2000. Μπορούμε να θέσουμε παραμέτρους στο μπλοκ CDMA2000: Initial Settings. Γενικά οι παράμετροι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι: data rates, insertion rate of the power control subchannel, spreading code index, QOF (quasiorthogonal function) index, και channel model. Στη συγκεκριμένη περίπτωση όμως μας δίνεται η δυνατότητα να θέσουμε παραμέτρους στα data rates και στο channel model. Στα data rates έχουμε 1.5, 2.7, 4.8, 9.6 kbps. Τα κανάλια που θα γίνουν οι συνδυασμοί είναι MULTIPATH FADING CHANNEL και AWGN. Με το συνδυασμό των data rates και των καναλιών θα έχουμε σαν αποτέλεσμα κάποιες μετρήσεις. Ερευνάμε το bit error rate. Τα αποτελέσματα του BER είναι σε δύο μπλοκ: το πρώτο RAW BER υπολογίζει και παρουσιάζει το bit error rate των δεδομένων μεταξύ της εισόδου του πομπού (transmitter) και της εξόδου του δέκτη (receiver). Αυτός ο υπολογισμός αποκλείει τα αποτελέσματα της παρεμβολής και της κωδικοποίησης.

Στη δεύτερη περίπτωση τα αποτελέσματα του BER : Channel Bits υπολογίζει και παρουσιάζει το bit error rate μεταξύ του σταθμού βάσης του πομπού και του mobile δέκτη. Στη δεύτερη περίπτωση δεν υπάρχουν μεταβολές στις τιμές και συνεπώς δεν μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα. Αυτό που μας ενδιαφέρει είναι το BER και πως μεταβάλλεται. Στη συνέχεια θα γίνει μελέτη με γραφικές παραστάσεις με BER σε σύγκριση με κάποιες τιμές  $E_c/N_0$  σε db. Από τις γραφικές παραστάσεις το ζητούμενο είναι το BER να μειώνεται για να δούμε σε ποιες συνθήκες το σύστημα έχει την καλύτερη απόδοση.

### 3.2.1 MULTIPATH FADING CHANNEL

Ένα Multipath Rayleigh fading channel model χρησιμοποιείται για να αναλύσει και να μελετήσει τη συμπεριφορά ενός παραδοσιακού rake receiver αποδιαμορφώνοντας ένα σήμα CDMA. Το Rayleigh fading channel έχει δύο ανεξάρτητες πορείες με μια σχετική καθυστέρηση μεταξύ τους 5 chips. Πριν εισέλθει στο κανάλι, το σήμα εισόδου διαδίδεται μέσω ενός κώδικα Walsh και περιπλέκεται scrambled από μια ακολουθία PN. Στην έξοδο του καναλιού, το πρώτο και το δεύτερο finger του Rake receiver descrambles και despreads το λαμβανόμενο σήμα αντίστοιχα μέσω του πρώτου και του δεύτερου μονοπατιού.

Μια διόρθωση φάσης εφαρμόζεται για κάθε ένα finger για να αντισταθμίσει την περιστροφή φάσης που εισάγεται στο κανάλι. Τελικά, η έξοδος των δύο fingers συνδυάζονται για να παράγουν μια εκτίμηση του διαβιβασθέντος σήματος.

### 3.2.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

DATA RATES
1.5 kbps
2.7 bps
4.8 kbps
9.6 kbps

Εξετάζουμε τις περιπτώσεις:

**DATA RATE:1.5 kbps**  
**CHANNEL MODEL:MULTIPATH FADING CHANNEL**

$E_c/N_o=1$

<b>BER</b>	<b>2.1657e-002</b>
ERRORS COUNT	8.1500e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_o=2$

<b>BER</b>	<b>2.147e-002</b>
ERRORS COUNT	8.0800e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ

$E_c/N_0=3$

<b>BER</b>	<b>2.1338e-002</b>
ERRORS COUNT	8.0300e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=4$

<b>BER</b>	<b>2.1126e-002</b>
ERRORS COUNT	7.9500e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=5$

<b>BER</b>	<b>2.1099e-002</b>
ERRORS COUNT	7.9400e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=6$

<b>BER</b>	<b>2.0940e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8800e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=7$

<b>BER</b>	<b>2.1019e-002</b>
ERRORS	7.9100e+002

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ

COUNT	
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=8$

<b>BER</b>	<b>2.0886e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8600e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=9$

<b>BER</b>	<b>2.0940e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8800e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=10$

<b>BER</b>	<b>2.0860e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8500e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

**DATA RATE:2.7kbps**  
**CHANNEL MODEL:MULTIPATH FADING CHANNEL**

$E_c/N_0=1$

<b>BER</b>	<b>2.1684e-002</b>
ERRORS	8.1600e+002

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ

COUNT	
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=2$

<b>BER</b>	<b>2.1551e-002</b>
ERRORS COUNT	8.1100e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=3$

<b>BER</b>	<b>2.1365e-002</b>
ERRORS COUNT	8.0400e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=4$

<b>BER</b>	<b>2.1072e-002</b>
ERRORS COUNT	7.9300e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=5$

<b>BER</b>	<b>2.1099e-002</b>
ERRORS COUNT	7.9400e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=6$

<b>BER</b>	<b>2.09113e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8700e+002

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ

SAMPLES COUNT	3.7632e+004
------------------	-------------

$E_c/N_0=7$

<b>BER</b>	<b>2.09113e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8700e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=8$

<b>BER</b>	<b>2.0886e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8600e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=9$

<b>BER</b>	<b>2.0833e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8400e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=10$

<b>BER</b>	<b>2.0860e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8500e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

**DATA RATE:4.8kbps**  
**CHANNEL MODEL:MULTIPATH FADING CHANNEL**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ

$E_c/N_0=1$

<b>BER</b>	<b>2.1577 e-002</b>
ERRORS COUNT	8.1200e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=2$

<b>BER</b>	<b>2.1577 e-002</b>
ERRORS COUNT	8.1200e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=3$

<b>BER</b>	<b>2.1285e-002</b>
ERRORS COUNT	8.0100e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=4$

<b>BER</b>	<b>2.1099e-002</b>
ERRORS COUNT	8.0400e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=5$

<b>BER</b>	<b>2.1046e-002</b>
ERRORS COUNT	7.9200e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ

$E_c/N_0=6$

<b>BER</b>	<b>2.1072e-002</b>
ERRORS COUNT	7.9300e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=7$

<b>BER</b>	<b>2.0966e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8900e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=8$

<b>BER</b>	<b>2.0886e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8600e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=9$

<b>BER</b>	<b>2.0886e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8600e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=10$

<b>BER</b>	<b>2.0886e-002</b>
ERRORS	7.8600e+002

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ

COUNT	
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

**DATA RATE:9.6kbps**  
**CHANNEL MODEL:MULTIPATH FADING CHANNEL**

$E_c/N_0=1$

<b>BER</b>	<b>2.1604e-002</b>
ERRORS COUNT	8.1300e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=2$

<b>BER</b>	<b>2.1498e-002</b>
ERRORS COUNT	8.0900e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=3$

<b>BER</b>	<b>2.1232e-002</b>
ERRORS COUNT	7.9900e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=4$

<b>BER</b>	<b>2.1046e-002</b>
ERRORS COUNT	7.9200e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=5$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ

<b>BER</b>	<b>2.1126e-002</b>
ERRORS COUNT	7.9500e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=6$

<b>BER</b>	<b>2.1046e-002</b>
ERRORS COUNT	7.9200e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=7$

<b>BER</b>	<b>2.0996e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8900e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=8$

<b>BER</b>	<b>2.0993e-002</b>
ERRORS COUNT	7.900e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=9$

<b>BER</b>	<b>2.0886e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8600e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ

$E_c/N_0=10$

<b>BER</b>	<b>2.0886e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8600e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

**DATA RATE:1.5kbps**  
**DATA RATE:2.7kbps**  
**DATA RATE:4.8kbps**  
**DATA RATE:9.6kbps**  
**CHANNEL MODEL:AWGN**

$E_c/N_0=1$

<b>BER</b>	<b>2.0883e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8400e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=2$

<b>BER</b>	<b>2.0883e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8400e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=3$

<b>BER</b>	<b>2.0883e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8400e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ

$E_c/N_0=4$

<b>BER</b>	<b>2.0883e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8400e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=5$

<b>BER</b>	<b>2.0883e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8400e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=6$

<b>BER</b>	<b>2.0883e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8400e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=7$

<b>BER</b>	<b>2.0883e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8400e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=8$

<b>BER</b>	<b>2.0883e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8400e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=9$

<b>BER</b>	<b>2.0883e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8400e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

$E_c/N_0=10$

<b>BER</b>	<b>2.0883e-002</b>
ERRORS COUNT	7.8400e+002
SAMPLES COUNT	3.7632e+004

Για την περίπτωση με CHANNEL MODEL:AWGN τα αποτελέσματα έχουν μία συγκεκριμένη τιμή που δε μεταβάλλεται, οπότε η μελέτη θα γίνει στο CHANNEL MODEL:MULTIPATH FADING CHANNEL, όπου υπάρχουν μεταβολές στις τιμές και μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα. Οι τιμές που θα χρησιμοποιηθούν είναι μόνο οι τιμές του BER. Το BER υπολογίζει και δείχνει το bit error rate των δεδομένων εισόδου μεταξύ του πομπού και των δεδομένων εξόδου του δέκτη. Η καλύτερη απόδοση ενός συστήματος συμβαίνει όταν το BER είναι μικρό.

Τα αποτελέσματα για το BER στο MULTIPATH FADING CHANNEL φαίνονται γραφικά.

### 3.2.3 ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

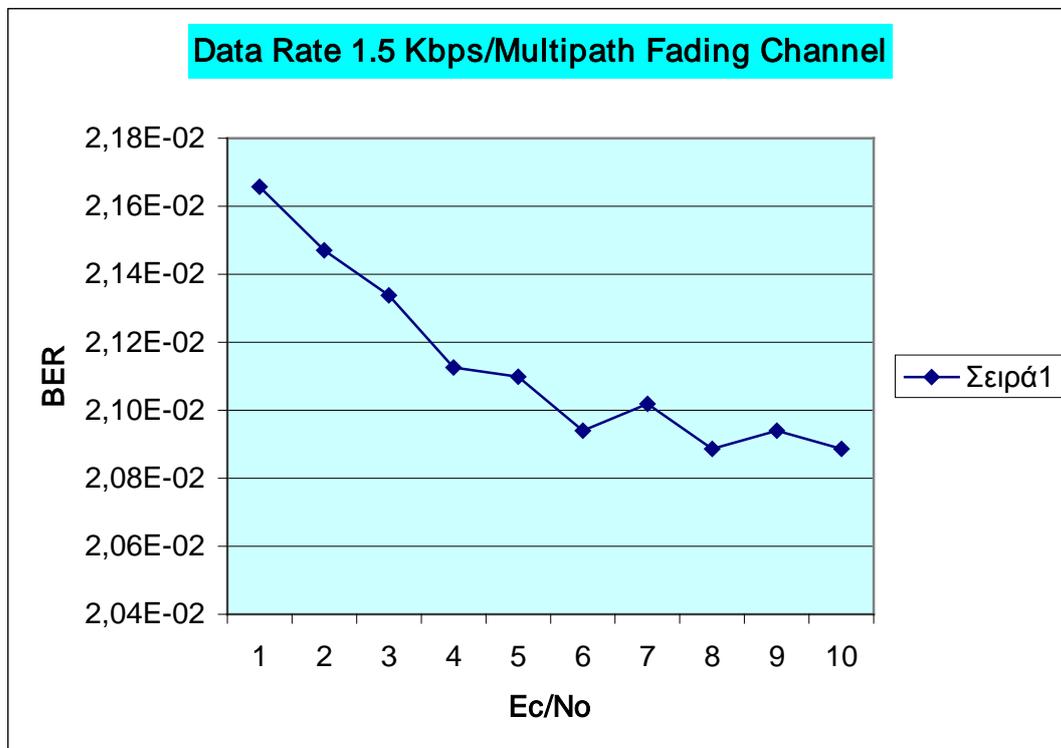
**DATA RATE:1.5 kbps**

**CHANNEL MODEL:MULTIPATH FADING CHANNEL**

BER  $E_c/N_0$   
2,17E-02 1

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ

2,15E-02	2
2,13E-02	3
2,11E-02	4
2,11E-02	5
2,09E-02	6
2,10E-02	7
2,09E-02	8
2,09E-02	9
2,09E-02	10



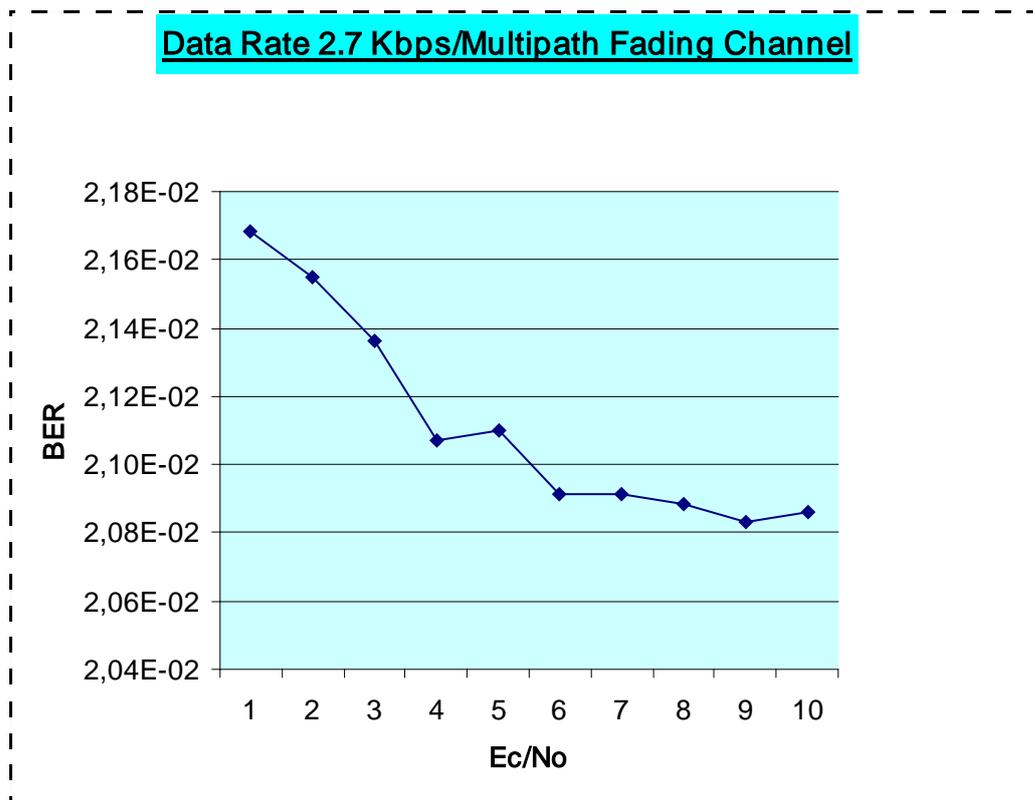
**Σχήμα 45 α** DATA RATE:1.5 kbps CHANNEL MODEL:MULTIPATH FADING CHANNEL

Στην περίπτωση με DATA RATE:1.5 kbps και CHANNEL MODEL:MULTIPATH FADING CHANNEL παρατηρούμε ότι το BER έχει μια σταδιακή μείωση από 1-6 db ενώ για 7-10 db υπάρχουν αυξομειώσεις.

DATA RATE:2.7kbps

CHANNEL MODEL:MULTIPATH FADING CHANNEL

BER	Ec/No
2,17E-02	1
2,16E-02	2
2,14E-02	3
2,11E-02	4
2,11E-02	5
2,09E-02	6
2,09E-02	7
2,09E-02	8
2,08E-02	9
2,09E-02	10



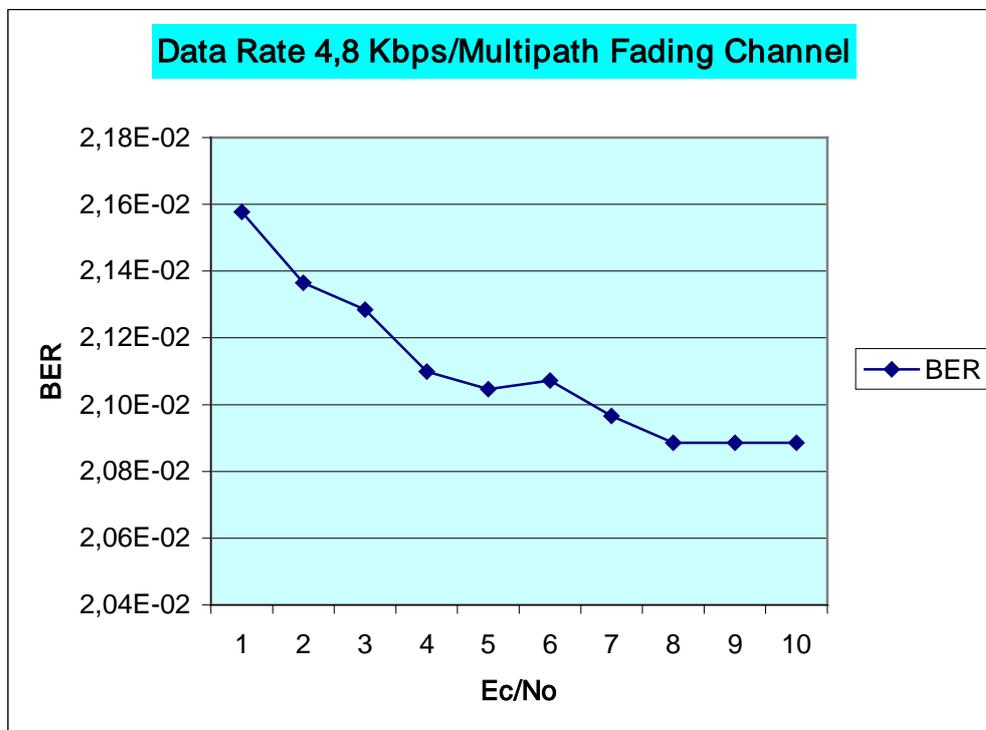
**Σχήμα 45β** DATA RATE:2.7kbps CHANNEL MODEL:MULTIPATH FADING CHANNEL

Στην περίπτωση με DATA RATE: 2.7kbps και CHANNEL MODEL: MULTIPATH FADING CHANNEL παρατηρούμε ότι το BER έχει μια σταδιακή μείωση από 1-4 db, ενώ για 6-10 db υπάρχει μια σταθερότητα.

**DATA RATE:4.8kbps**

**CHANNEL MODEL: MULTIPATH FADING CHANNEL**

Ec/No	BER
1	2,16E-02
2	2,14E-02
3	2,13E-02
4	2,11E-02
5	2,10E-02
6	2,11E-02
7	2,10E-02
8	2,09E-02
9	2,09E-02
10	2,09E-02

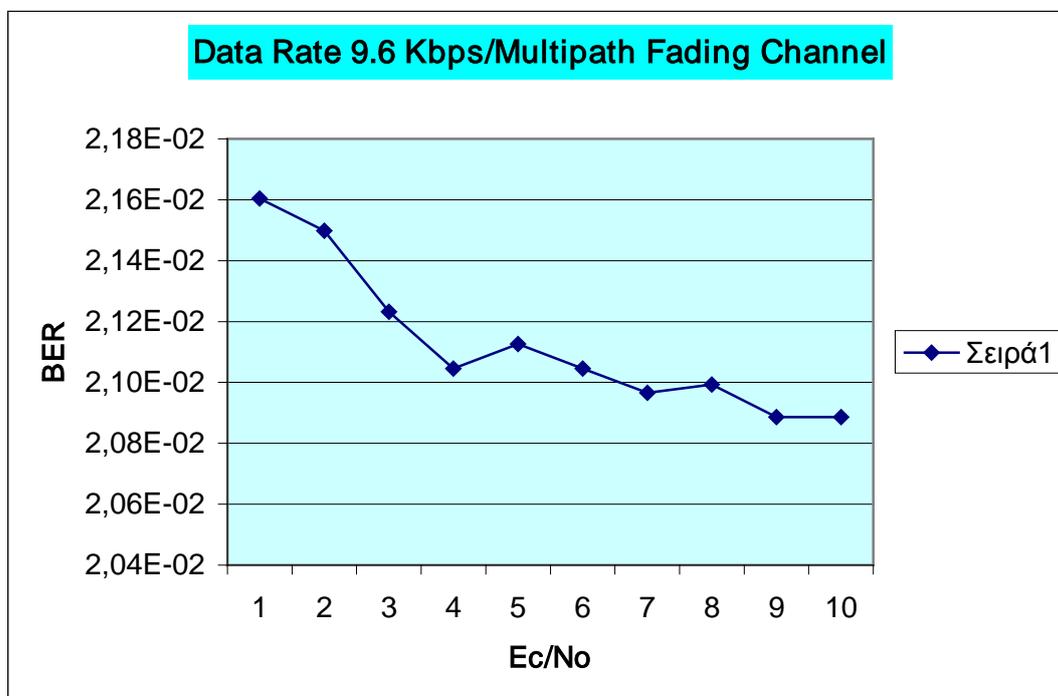


**Σχήμα 45γ** DATA RATE:4.8kbps CHANNEL MODEL: MULTIPATH FADING CHANNEL

Στην περίπτωση με DATA RATE: 4.8kbps και CHANNEL MODEL: MULTIPATH FADING CHANNEL παρατηρούμε ότι το BER έχει μια σταδιακή μείωση από 1-5 db, ενώ για 7-10 db υπάρχει μια σταθερότητα.

**DATA RATE:9.6kbps**  
**CHANNEL MODEL: MULTIPATH FADING CHANNEL**

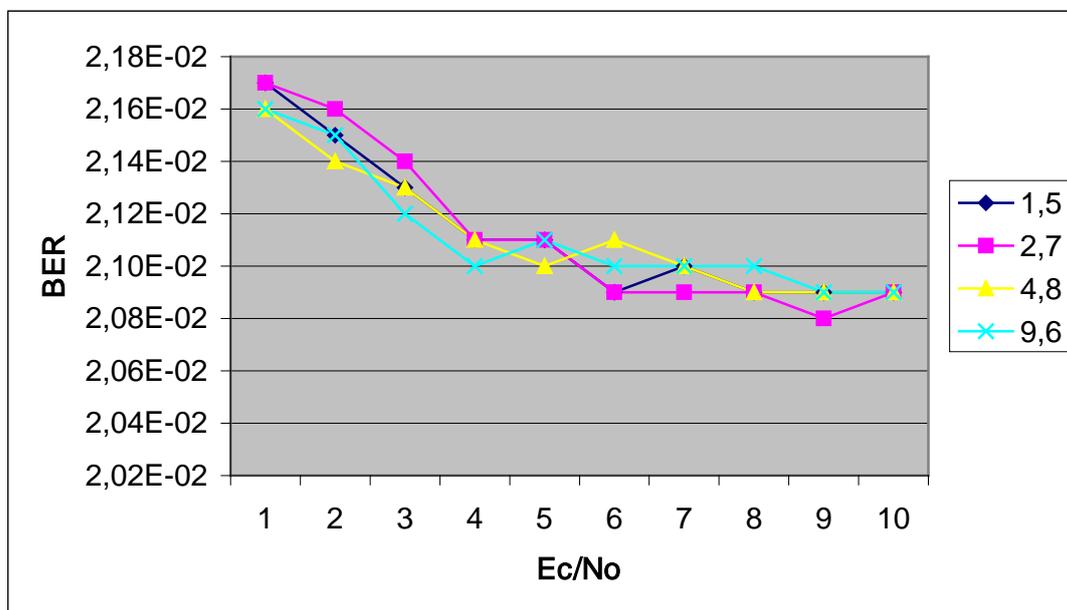
BER	Ec/No
2,16E-02	1
2,15E-02	2
2,12E-02	3
2,10E-02	4
2,11E-02	5
2,10E-02	6
2,10E-02	7
2,10E-02	8
2,09E-02	9
2,09E-02	10



**Σχήμα 45δ** DATA RATE:9.6kbps CHANNEL MODEL: MULTIPATH FADING CHANNEL

Στην περίπτωση με DATA RATE: 9.6 kbps και CHANNEL MODEL: MULTIPATH FADING CHANNEL παρατηρούμε ότι το BER έχει μια σταδιακή μείωση από 1-4 db, ενώ για 5-10 db έχουμε αυξομειώσεις.

BER 1,5 Kbps	BER 2,7 Kbps	BER 4,8 Kbps	BER 9,6 Kbps	Ec/No
2,17E-02	2,17E-02	2,16E-02	2,16E-02	1
2,15E-02	2,16E-02	2,14E-02	2,15E-02	2
2,13E-02	2,14E-02	2,13E-02	2,12E-02	3
2,11E-02	2,11E-02	2,11E-02	2,10E-02	4
2,11E-02	2,11E-02	2,10E-02	2,11E-02	5
2,09E-02	2,09E-02	2,11E-02	2,10E-02	6
2,10E-02	2,09E-02	2,10E-02	2,10E-02	7
2,09E-02	2,09E-02	2,09E-02	2,10E-02	8
2,09E-02	2,08E-02	2,09E-02	2,09E-02	9
2,09E-02	2,09E-02	2,09E-02	2,09E-02	10



**Σχήμα 45ε ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ**

Στην παραπάνω γραφική παράσταση είναι συγκεντρωτικά και οι 4 γραφικές παραστάσεις για να συγκριθούν ώστε να δειχθεί σε ποια περίπτωση το σύστημα έχει την καλύτερη απόδοση. Ένα σύστημα

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ

λειτουργεί αποδοτικά όταν το BER είναι μικρό. Παρατηρώντας τη γραφική παράσταση για 1-4 db το BER έχει την περισσότερη μείωση στα 9,6 Kbps, ενώ για 5-10 db το BER έχει την περισσότερη μείωση στα 2,7 Kbps. Συνεπώς το σύστημα CDMA2000 είναι πιο αποδοτικό στα 9,6 Kbps στα 1-4 db και στα 2,7 Kbps στα 5-10 db.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η τεχνολογία CDMA2000 είναι μία επέκταση του CDMAone για τις υπηρεσίες της τρίτης γενιάς. Η τρίτη γενιά η οποία βρίσκεται σε εξέλιξη προσφέρει υψηλούς ρυθμούς δεδομένων, πολυμέσα (multimedia) και άλλες υπηρεσίες βασισμένες στην IP (IP-based). Η τεχνολογία CDMA2000 εξελίσσεται σε μία άριστη τεχνολογία για high-voice χωρητικότητα και πακέτα δεδομένων υψηλής ταχύτητας με ταχύτητες από 9.6 kb/s σε 2 Mb/s. Βασισμένη στην direct sequence (ευθεία ακολουθία) spread spectrum technology (διευρυμένου φάσματος τεχνολογία) το CDMA2000 υποστηρίζει FDD και TDD τρόπους διαδικασιών, καθώς επίσης χρησιμοποιεί QPSK διαμόρφωση. Για να παρέχει υπηρεσίες υψηλής ταχύτητας δεδομένων, ένα ενιαίο κανάλι μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ένα εύρος ζώνης των 5 MHz με chip rate των 3.6864 Mc/s.

Το κύκλωμα το οποίο μελετήσαμε είναι το φυσικό επίπεδο του cdma2000 και συγκεκριμένα είναι το Radio Configuration 3 ενός forward fundamental channel of a 1x forward link. Τα βασικά συστατικά του φυσικού επιπέδου είναι transmitting base station (σταθμός βάσης πομπού), channel (κανάλι), και mobile receiver (δέκτης). Ο σταθμός βάσης του πομπού στη συνέχεια περιλαμβάνει τον encoder (κωδικοποιητή) και τον transmitter (πομπός), ενώ ο mobile receiver περιλαμβάνει τον decoder (αποκωδικοποιητή) και το υποσύστημα του δέκτη.

Στη συνέχεια κάναμε προσομοίωση στο CDMA2000. Ο προσομοιωτής μπορεί να είναι ένα ανεκτίμητο εργαλείο για την έρευνα του σχεδίου και της εφαρμογής των CDMA2000 συστημάτων. Θέτοντας τις κατάλληλους παραμέτρους, αλλάζοντας τα data rates και το channel model βγήκαν κάποιες μετρήσεις από τις οποίες το ζητούμενο ήταν το bit error rate. Με την προσομοίωση ζητάμε την καλύτερη απόδοση ενός συστήματος, το οποίο συμβαίνει όταν το BER είναι μικρό. Συνδυάζοντας τις τιμές του BER με τιμές  $E_c/N_0$  σε db προκύπτουν κάποιες γραφικές παραστάσεις, από τις οποίες μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για την αποδοτικότητα του συστήματος. Στην περίπτωση αυτή οι γραφικές παραστάσεις έδειξαν ότι το BER έχει μικρότερη τιμή στα 9,6 Kbps και στα 2,7 Kbps. Επομένως το σύστημα σε αυτές τις τιμές έχει καλύτερη απόδοση.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] [www.yahoo.com](http://www.yahoo.com)
- [2] [www.google.com](http://www.google.com)
- [3] [www.in.gr](http://www.in.gr)
- [4] [www.3gpp.org](http://www.3gpp.org)
- [5] [www.3gpp2.org](http://www.3gpp2.org)
  
- [6] INTRODUCTION TO 3G MOBILE COMMUNICATIONS,  
JUHA CORHONEN
  
- [7] WCDMA FOR UMTS, Ham Holma and Antti Toskala
  
- [8] Simulation of Third Generation CDMA Systems, Fakhrol Alam
  
- [9] ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ, Andy Bateman