



Μετάδοση video στα κινητά 3^{ης} γενιάς: Δομή και απαιτούμενα πρωτόκολλα κωδικοποίησης

**του σπουδαστή
Μαργαρίτη Παππά**

29 Μαρτίου 2004

**Πτυχιακή εργασία μέρος των απαιτήσεων του Τμήματος
Τηλεπληροφορικής και Διοίκησης**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στην εκπόνηση της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας συνέβαλε τα μέγιστα ο επιβλέπων καθηγητής μου Επικ. Καθ. (ΠΔ 407) κ. Κ.Θ. Αγγέλης. Νιώθω βαθύτατη την ανάγκη να τον ευχαριστήσω για την καθοδήγηση σε όλα τα στάδια εκπόνησης της εργασίας μου. Τον ευχαριστώ επίσης για τις σημαντικότερες παρατηρήσεις, τα εύστοχα σχόλια και την αμέριστη συμπαράσταση κατά την διάρκεια της συγγραφής της εργασίας μου.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	Σελίδα
1. Εισαγωγή	1
2. WCDMA	3
2.1 Κυψελοειδή συστήματα πρώτης γενεάς	4
2.2 Κυψελοειδή συστήματα δεύτερης γενεάς	4
2.3 Κυψελοειδή συστήματα τρίτης γενεάς	5
2.4. WCDMA: Διεπαφή για 3G	7
2.4.1 Κύρια χαρακτηριστικά WCDMA	8
2.4.2 Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά WCDMA	9
2.5 Το Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα	10
3. Κωδικοποίηση με το MPEG	12
3.1 Πρότυπο H.261	12
3.1.1 Πολυπλεξία με το H.261	12
3.2 Πρωτόκολλο συμπίεσης βίντεο MPEG	14
3.2.1 Δομή των MPEG εικόνων	14
3.2.2 MPEG IV	15
3.3 DCT Coding (Discrete Cosine Transform Coding)	15
3.4 Κβαντοποίηση (Quantization)	16
3.5 Τμηματική Πρόβλεψη Κίνησης (Block Motion Compensation)	
3.6 Ανατομία του σήματος MPEG	18
3.7 Είδη πλαισίων (frames)	20
3.8 Προσαρμοστική Κωδικοποίηση - Adaptive coding	23
3.9 Οι μέθοδοι Run Length Encoding και Huffman	23
3.10 Διαδικασία Κωδικοποίησης	26
4. Δομή WCDMA	30
4.1 Φυσική δομή καναλιών	31
4.1.1 Uplink διάδοση και διαμόρφωση	31
4.1.2 Διάδοση και διαμόρφωση downlink συνδέσεων	33
4.2 Uplink δομή πλαισίων	34
4.3 Δομή πλαισίων downlink συνδέσεων	35
4.4 Uplink διαδίδοντας κώδικες	36
4.5 Uplink κώδικες ανακατώματος	39
4.5.1 Uplink Long κώδικες ανακατώματος	41
4.5.2 Uplink short κώδικες ανακατώματος	44
4.6 Κώδικες ανακατώματος Downlink συνδέσεων	46
4.7 Περίληψη της διαμόρφωσης WCDMA	47

5. Περιγραφή προσομοιωτή	48
5.1 Πρότυπο Προσομοιωτής	49
5.2 Προσομοιωτής	50
5.3 Uplink προσομοιωτής	51
5.3.1 Desired MS	52
5.3.2 Multiple Access Interference	52
5.3.3 Κανάλι μεταβαλλόμενου χρονισμού	53
5.3.4 Προσθήκη του θορύβου	60
5.3.5 Διαμόρφωση παλμού	60
5.3.6 Rake Receive	62
5.3.6.1 Περιγραφή του Rake Receiver	62
5.3.7 Αναλυτική επεξεργασία του uplink προσομοιωτή	62
5.4 Προσομοιωτής Downlink συνδέσεων	69
5.4.1 MAI for Downlink	70
5.5 Διαδικασία αποκωδικοποίησης σηματος bit-stream	71
5.5.1 Περιγραφή αλγορίθμου	72
5.5.2 Δομή Decoder	73
6. Συμπεράσματα	74
7. Βιβλιογραφία	75

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:

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

Στην εποχή μας, η συχνή απαίτηση να είμαστε συνδεδεμένοι (on-line) συνέχεια και παντού οδήγησε στην ανάγκη να αποδεσμευτούμε από την επίγεια επικοινωνιακή υποδομή και να στραφούμε στις ασύρματες επικοινωνίες, οι οποίες μάλιστα πολλές φορές πλεονεκτούν ακόμα και εκεί που έχει καθιερωθεί να χρησιμοποιούνται καλώδια. Για παράδειγμα αν είναι δύσκολο να ενώσουμε δύο δίκτυα σε δύο διαφορετικά κτίρια με μια οπτική ίνα (λόγω εδάφους, κόστους, αδειών κ.τ.λ.) συμφέρει να χρησιμοποιήσουμε ασύρματες μεθόδους.

Αξίζει εδώ να σημειώσουμε ότι η μοντέρνα ασύρματη ψηφιακή επικοινωνία ξεκίνησε από τα νησιά της Χαβάης όπου το τηλεφωνικό σύστημα ήταν ανεπαρκές και έπρεπε να βρεθεί κάποια άλλη λύση. Ο στόχος για την επόμενη γενιά του συστήματος κινητής επικοινωνίας είναι να ενσωματώσει seamlessly μια ευρεία ποικιλία των υπηρεσιών επικοινωνίας όπως τα υψηλής ταχύτητας δεδομένα, κυκλοφορίας βίντεο και πολυμέσων καθώς επίσης και σήματα φωνής. Η τεχνολογία έπρεπε να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις για να κάνει αυτές τις υπηρεσίες διαθέσιμες που είναι γενικά γνωστές ως τρίτα κυψελοειδή συστήματα παραγωγής (3G). Μια από τις πίο ελπιδοφόρες προσεγγίσεις 3G είναι να συνδυαστεί ένα ευρείας ζώνης πολλαπλάσιο τμήματος κώδικα Διεπαφή αέρα πρόσβασης (WCDMA) με το σταθερό δίκτυο του σφαιρικού συστήματος για κινητές επικοινωνίες (GSM).

Είναι χαρακτηριστικό ότι το MPEG-4 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ασύρματη μετάδοση video στα 10 Kilobits/sec, που είναι ο ρυθμός μετάδοσης του συστήματος GSM για επικοινωνία φωνής. Σε αυτήν την διατριβή ένα MPEG βίντεο σε μορφή δεδομένων εφαρμόστηκε σύμφωνα με την προδιαγραφή του IMT-2000 συστήματος WCDMA. Τα δεδομένα του MPEG βίντεο διαβιβάζονται πλαίσιο με πλαίσιο μέσω ενός χρονικού ποικίλου καναλιού. Το διαβιβασθέν σήμα αλλοιώνεται μέσω της παρέμβασης multiple access interference που παράγεται με έναν δομημένο τρόπο όπως και πρόσθετος άσπρο γκαουσιανό θόρυβο (AWGN). Το σήμα αλλοιώνεται περαιτέρω από AWGN πρίν φτάσει στο δέκτη και έπειτα επαναφερθεί στη αρχική μορφή frame by frame.

Μέτα την εισαγωγή του 1^{ου} Κεφαλαίου, το 2^ο Κεφάλαιο αναφέρεται στο περιχόμενο και τους στόχους του WCDMA. Γίνεται λεπτομερής αναφορά στους λόγους

που οδήγησαν στη δημιουργία του προτύπου καθώς και τα βασικά χαρακτηριστικά του. Αφότου γίνει μια σύντομη αναδρομή στα κυψελοειδή συστήματα πώτης δεύτερης και τρίτης γενειάς και τον χαρακτηριστικών τους ,δίδονται τα πελεονεκτήματα του WCDMA για τη μετάδοση βίντεο. Επίσης αναφέρεται το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα της ασύρματης μεταδοσης . Στο 3^ο Κεφάλαιο αναπτύσσονται τα βασικά χαρακτηριστικά του προτύπου MPEG. Συγκεκριμένα γίνεται αναφορά σε όλα τα στάδια της διαδικασίας που ακολουθείται για τη μετάδοση των οπτικοακουστικών μέσων.

Στο 4^ο Κεφάλαιο περιγράφεται το φυσικό στρώμα WCDMA. Συγκεκριμένα γίνεται αναφορά στη φυσική δομή των καναλιών όπου περιλαμβάνει Uplink διάδοση και διαμόρφωση καθώς και Διάδοση και διαμόρφωση κατιουσών συνδέσεων. Περιγράφεται η δομή των πλαισίων και οι Uplink, Downlink κώδικες ανακατώματος όπου όλοι οι χρήστες διαβιβάζουν στην ίδια συχνότητα και διαφοροποιούνται από το μοναδικό τους κώδικα ανακατώματος. Έπειτα περιγράφεται περιληπτικά η διαμόρφωση WCDMA.

Στο 5^ο Κεφάλαιο γίνεται λεπτομερής περιγραφεί του προσομοιωτή με σκοπό την μετάδοση βίντεο μέσω μίας Uplink σύνδεσης ενός ευρείας ζώνης συστήματος CDMA (WCDMA). Το βίντεο διαδίδεται πλαίσιο πλαίσιο κατά τη διάρκεια ενός χρόνου που ποικίλει λόγω του καναλιού μεταλλόμενου χρονισμού . Ο πρόσθετος γκασουσιανό θόρυβος προστίθεται στο μπροστινό μέρος του δέκτη. Γίνεται αποδιαμόρφωση του σήματος και αποκωδικοποίηση με το Mpeg.

Κεφάλαιο 2 WCDMA

- GSM
- WCDMA

Το σύστημα W-CDMA έχει σχεδιαστεί για να καλύψει απαιτήσεις γενικευμένης μεταφοράς δεδομένων σε σταθερά και ασύρματα δίκτυα. Έχει σχεδιαστεί για φωνή, δεδομένα, εικόνα, video και εφαρμογές πολυμέσων, για εξομίωση δικτύου ISDN και ATM με όλα τα χαρακτηριστικά. Επίσης υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι και 384 Kbps, T1/E1, συμμετρικά και ασύμμετρα δίκτυα, σύγχρονες και ασύγχρονες γραμμές, μεταγωγή πακέτων και μεταγωγή κυκλωμάτων, χαμηλή κατανάλωση ισχύος. Τέλος η δομή του είναι τέτοια που μπορεί να ενοποιηθεί με άλλα επίγεια δίκτυα, ATM, ISDN και υπάρχουσες υπηρεσίες και να λειτουργήσει με νέα ασύρματα δίκτυα με χρήση λογισμικού (software networks) παρέχοντας συμβατότητα προς τα πίσω (Backwards compatibility) σε άλλα δίκτυα.

2.1 Κυψελοειδή συστήματα πρώτης γενεάς

Τα κυψελοειδή συστήματα πρώτης γενεάς υιοθετούν γενικά την αναλογική διαμόρφωση συχνότητας (FM) τεχνικές. Το προηγμένο κινητό τηλεφωνικό σύστημα (AMPS) είναι το πιο ξεχωριστό των συστημάτων πρώτης γενεάς. Το AMPS αναπτύχθηκε από την Bell Telephone system. Χρησιμοποιεί την τεχνολογία FM για τη μετάδοση φωνής και την ψηφιακή σηματοδότηση για τις πληροφορίες ελέγχου. Άλλα συστήματα πρώτης γενεάς περιλαμβάνουν:

- Narrowband AMPS (NAMPS)
- Total Access Cellular System (TACS)
- Nordic Mobile Telephone System (NMT- 900)

Όλα τα κυψελοειδή συστήματα πρώτης γενεάς υιοθετούν την Frequency Division Multiple Access (FDMA) με κάθε κανάλι που ορίζεται σε μια μοναδική ζώνη συχνότητας μέσα σε μια συστάδα των κυττάρων. (cluster of cells)

2.2 Κυψελοειδή συστήματα δεύτερης γενεάς

Η ταχεία ανάπτυξη του αριθμού συνδρομητών και του πολλαπλασιασμού πολλοί τα ασυμβίβαστα συστήματα πρώτης γενεάς ήταν ο κύριος λόγος πίσω από την εξέλιξη προς κυψελοειδή συστήματα δεύτερης γενεάς. Τα συστήματα δεύτερης γενεάς αξιοποιούν τεχνικές συμπίεσης και κωδικοποίησης που συνδέονται με την ψηφιακή τεχνολογία. Όλα τα δεύτερης γενεάς συστήματα παραγωγής υιοθετούν τα ψηφιακά σχέδια διαμόρφωσης. Multiple access τεχνολογίες όπως η Time Division Multiple Access (TDMA) και η Code Division Multiple Access (CDMA) χρησιμοποιούνται μαζί με FDMA στα συστήματα δεύτερης γενεάς. Τα κυψελοειδή συστήματα δεύτερης γενεάς περιλαμβάνουν:

- United States Digital Cellular (USDC) πρότυπα IS-54 και IS-136
- Global System for Mobile communications (GSM)
- Pacific Digital Cellular (PDC)
- CdmaOne

2.3 Κυψελοειδή συστήματα τρίτης γενεάς

Τα κυψελοειδή συστήματα τρίτης γενεάς σχεδιάζονται για να υποστηρίξουν τις ευρείας ζώνης υπηρεσίες όπως την υψηλή πρόσβασης διαδικτύου ταχύτητα βίντεο και υψηλής ποιότητας εικόνας μετάδοση, ίδια ποιότητα με τα σταθερά δίκτυα. Οι πρωταρχικές απαιτήσεις της επόμενης γενεάς κυψελοειδούς συστημάτων είναι :

- Ποιότητα φωνής συγκρίσιμη με το δημόσιο μεταστρεφόμενο τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN).
- Υποστήριξη μεγάλης ποσότητας δεδομένων.

Ο ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει απαίτηση ποσοστού στοιχείων τα 3G συστήματα

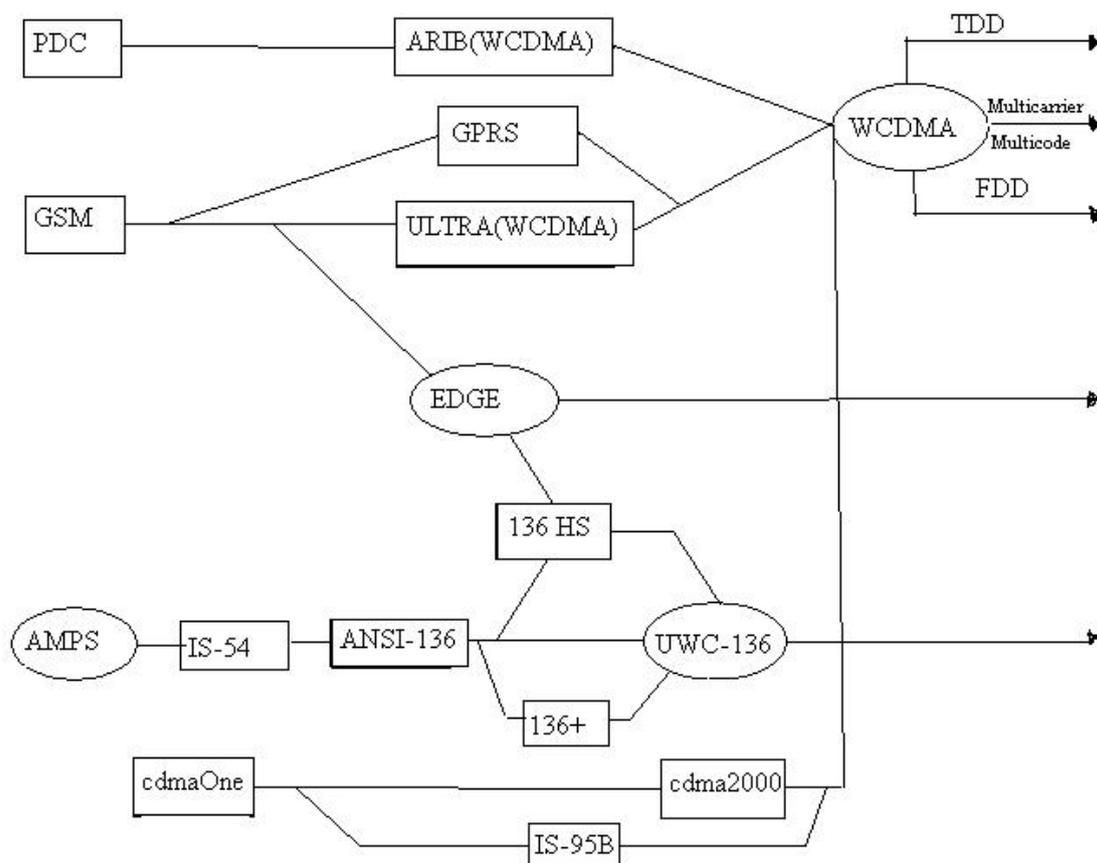
Mobility Needs	Minimum Data Rate
Vehicular	144 kbps
Outdoor to indoor and pedestrian	384 kbps
Indoor Office	2 Mbps

Πίνακας 2.1: 3G απαιτήσεις ποσοστού δεδομένων

- Υποστήριξη των packet-switched και circuit-switched υπηρεσιών στοιχείων.
- Αποδοτικότερη χρήση του διαθέσιμου ραδιο φάσματος
- Υποστήριξη μιας ευρείας ποικιλίας του κινητού εξοπλισμού

- Backward συμβατότητα με τα προϋπάρχοντα δίκτυα και την εύκαμπτη εισαγωγή νέων υπηρεσιών και τεχνολογιών
- Μια προσαρμοστική ραδιο διεπαφή που ταιριάζει στην ιδιαίτερα ασυμμετρική φύση των περισσότερων Επικοινωνιών Διαδικτύου: με ένα πολύ μεγαλύτερο εύρος ζώνης για την downlink σύνδεση από την uplink.

Οι ερευνητικές προσπάθειες είναι εν εξελίξει για περισσότερο από δεκαετία για να εισαγάγουν τα πολυμέσα και να είναι συμβατά στην κινητή επικοινωνία. Οι διαφορετικές τυποποιημένες αντιπροσωπείες και η κυβέρνηση των οργανισμών προσπαθούν να ενσωματώσουν μια ευρεία ποικιλία των προτάσεων για τα κυψελοειδή συστήματα τρίτης γενεάς.



Σχήμα 2.1: Εξέλιξη 3G

2.4. WCDMA: Διεπαφή για 3G

Μια από τις πιο ελπιδοφόρες προσεγγίσεις 3G είναι να συνδυαστεί ένα ευρείας ζώνης CDMA (WCDMA) διεπαφή αέρα με το σταθερό δίκτυο του GSM. Διάφορες προτάσεις υποστήριξης του WCDMA υποβλήθηκαν στη διεθνή ένωση τηλεπικοινωνιών (ITU) και στις Διεθνείς κινητές τηλεπικοινωνίες για την πρωτοβουλία έτους 2000 (IMT2000) για 3G.

Μεταξύ διάφορων οργανώσεων που προσπαθούν να συγχωνεύσουν τις διάφορες προτάσεις WCDMA είναι :

- Ένωση της Ιαπωνίας της ραδιο βιομηχανίας και της επιχείρησης (ARIB)
- Συμμαχία για τις λύσεις βιομηχανίας τηλεπικοινωνιών (ATIS) T1P1
- Ευρωπαϊκό ίδρυμα προτύπων τηλεπικοινωνιών (ETSI) μέσω (SMG)

Όλα αυτά τα σχέδια προσπαθούν να εκμεταλλευθούν τις ραδιο τεχνικές WCDMA και τα πολυάριθμα πλεονεκτήματα των ήδη υπαρχόντων δικτύων GSM. Τα πρότυπα αυτά είναι βασισμένα στο ETSI καθολικό κινητό σύστημα τηλεπικοινωνιών (UMTS) και είναι συνήθως γνωστό ως UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA). Το σχέδιο πρόσβασης για UTRA είναι Direct Sequence Code Division Multiple Access (DS-CDMA). Οι πληροφορίες είναι εξαπλωμένες σε μια ζώνη περίπου 5 MHz. Αυτό το ευρύ εύρος ζώνης έχει προκαλέσει το όνομα Ευρείας ζώνης CDMA ή WCDMA. Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τρόποι συγκεκριμένα

- FDD
- TDD

Δεδομένου ότι οι διαφορετικές περιοχές έχουν τα διαφορετικά σχέδια κατανομής συχνότητας, η ικανότητα να λειτουργήσει είτε στον τρόπο FDD είτε TDD επιτρέπει την αποδοτική χρησιμοποίηση του διαθέσιμου φάσματος. Συνοπτικά ο καθορισμός των τρόπων FDD και TDD δίνεται παρακάτω.

FDD: Οι uplink και downlink συνδέσεων μεταδόσεις υιοθετούν δύο χωρισμένες ζώνες συχνότητας για αυτήν την διπλή μέθοδο. Ένα ζευγάρι των ζωνών συχνότητας με το διευκρινισμένο χωρισμό ορίζεται η σύνδεση.

TDD: Σε αυτήν την διπλή μέθοδο, uplink και downlink συνδέσεων οι μεταδόσεις μεταφέρονται στην ίδια ζώνη συχνότητας με τη χρησιμοποίηση του συγχρονισμένου χρόνου χρονικών διαστημάτων έτσι αυλακώνει σε έναν φυσικό κανάλι που διαιρείται σε μέρος μετάδοσης και υποδοχής.

Περιγράφεται ο προσομοιωτής για ένα σύστημα WCDMA που λειτουργεί στον τρόπο FDD. Έτσι όλοι η περιγραφή συστημάτων που παρέχεται στο κεφάλαιο 4^ο και 5^ο ισχύει για τον τρόπο FDD μόνο.

2.4.1 Κύρια χαρακτηριστικά WCDMA

Τα βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα του WCDMA παρατίθενται παρακάτω:

- Υποστήριξη της υψηλής μετάδοσης δεδομένων: 384 kbps για την ευρεία κάλυψη περιοχής, 2 Mbps με την τοπική κάλυψη.
- Υψηλή ευελιξία υπηρεσιών: υποστήριξη των multiple parallel variable rate services επάνω σε κάθε σύνδεση.
- FDD) και TDD
- Χτισμένο για την υποστήριξη μελλοντικών ικανοτήτων και κάλυψη που ενισχύει τις τεχνολογίες όπως προσαρμοστικές κεραιές, προηγμένες δομές δεκτών και ποικιλομορφία συσκευών αποστολής σημάτων.
- Η υποστήριξη της διά συχνότητας hand over και hand over σε άλλα συστήματα, συμπεριλαμβάνει hand over στο GSM.
- Αποδοτική πρόσβαση πακέτων.

2.4.2 Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά WCDMA

Ο ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα της ραδιο διεπαφής WCDMA:

Multiple Access Scheme	DS-CDMA
Duplex Scheme	FDD/TDD
Packet Access	Dual mode (Combined and dedicated channel)
Multirate/Variable rate scheme	Variable spreading factor and multi-code
Chip Rate	3.84 Mcps
Carrier Spacing	4.4-5.2 MHz (200 kHz carrier raster)
Frame Length	10 ms
Inter Base Station synchronization	FDD: No accurate synchronization needed
Channel Coding Scheme	Convolutional Code (rate 1/2 and 1/3)

Πίνακας 2.2: Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά WCDMA

Το chip rate μπορεί να επεκταθεί δύο ή τρεις φορές στα τυποποιημένα 3,84 Mbps προσαρμόσιμο για τα δεδομένα με ποσοστά υψηλότερα από 2 Mbps. Το ράστερ μεταφορέων 200 kHz έχει επιλεγεί για να διευκολύνει τη συνύπαρξη και τη διαλειτουργικότητα με το GSM.

2.5 Το Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα

Πριν προχωρήσουμε παρακάτω χρειάζεται να δώσουμε τους ακόλουθους βασικούς ορισμούς του Ηλεκτρομαγνητικού Φάσματος:

Ηλεκτρομαγνητικό Κύμα: Είναι το αποτέλεσμα της κίνησης ηλεκτρονίων.

Συχνότητα (f) : Είναι ο αριθμός των ταλαντώσεων ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος ανά δευτερόλεπτο και μετριέται σε Hz.

Μήκος Κύματος (λ): Είναι η απόσταση στο χώρο μεταξύ δύο διαδοχικών μεγίστων ή ελαχίστων.

Η βασική αρχή πάνω στην οποία στηρίζονται οι ασύρματες επικοινωνίες είναι ότι για να εκπεμφθούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα αρκεί να προσαρμοστεί μια κεραία σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ταξιδεύουν στο κενό με την ταχύτητα του φωτός ($c=3*10^8$ m/sec) ενώ στις οπτικές ίνες με τα 2/3 περίπου αυτής της ταχύτητας.

Η βασική σχέση μεταξύ μήκους κύματος λ, συχνότητας, f, και ταχύτητας (στο κενό), c, είναι:

$$\lambda * f = c.$$

Επομένως για δεδομένη τιμή της συχνότητας βρίσκουμε το μήκος κύματος και αντίστροφα.

Τα μέρη του φάσματος που χρησιμοποιούνται για μετάδοση πληροφοριών με τη διαμόρφωση του εύρους, της συχνότητας ή της φάσης τους είναι 4:

Ράδιο, Μικροκύματα, Υπέρυθρες και Υπεριώδεις ακτίνες.

Οι υπόλοιπες θεωρούνται επικίνδυνες ακτινοβολίες για τον άνθρωπο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα κύματα με χαμηλότερες συχνότητες μπορούν να διαπεράσουν κτίρια, ενώ τα κύματα με υψηλές συχνότητες δεν μπορούν. Το πόση πληροφορία, τώρα, μπορεί να μεταφερθεί από ένα κύμα εξαρτάται από το πλάτος του. Έτσι στις χαμηλές συχνότητες μπορούμε να κωδικοποιήσουμε λίγα bits ανά Hertz, αλλά συχνά έως και 40 bits ανά Hertz στις υψηλές συχνότητες και κάτω από ορισμένες συνθήκες. Όσο ευρύτερο το φάσμα τόσο μεγαλύτερο μέγεθος δεδομένων μπορεί να αναπαρασταθεί.

Προκειμένου να αποφευχθεί το χάος, υπάρχουν οι εθνικοί και διεθνείς οργανισμοί που αποφασίζουν ποιος θα χρησιμοποιήσει ποιες συχνότητες. Στην Αμερική υπάρχει η FCC και παγκοσμίως η ITU-R.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι περισσότερες μεταδόσεις χρησιμοποιούν ένα στενό φάσμα συχνοτήτων για να έχουν καλύτερη λήψη. Παρ' όλα αυτά σε μερικές περιπτώσεις όπως στις στρατιωτικές επικοινωνίες χρησιμοποιείται η τεχνική spread spectrum, όπου οι μεταδόσεις είναι διεσπαρμένες σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων έτσι ώστε να είναι δύσκολη η υποκλοπή και κυρίως η παρεμβολή.

Κεφάλαιο 3. Κωδικοποίηση με το MPEG

- MPEG
- H.261
- Κωδικοποίηση

Περίληψη

Σε αυτό το κεφάλαιο αναφέρεται η σημασία του MPEG και του H.261 για την μετάδοση οπτικών και ηχητικών δεδομένων σε ψηφιακή μορφή. Περιγράφεται η διαδικασία της κωδικοποίησης ενός σήματος ώστε να μπορεί να προσαρμοστεί στο μοντέλο WCDMA και να μεταδοθεί ασύρματα. Τέλος δίνεται και ένα παράδειγμα κωδικοποίησης macroblock ενός πλαισίου.

3.1 Πρότυπο H.261

Το H.261 στάνταρ αφορά συμπίεσεις εικόνας σε συνδέσεις με bandwidth μεταξύ 64kbps και 2Mbps. Αυτή η τεχνική επίσης αναφέρεται ως “px64” όπου “p” με εύρος από 1 μέχρι 30. Το H.261 σχεδιάστηκε αρχικά για videoconference μέσω του ISDN δικτύου και καθορίστηκε από το H.320. Το H.261 συνήθως χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλα πρότυπα ελέγχου και πλαισίου όπως το H221, H230, H242 και το H320. Γενικά μπορούμε πούμε τα εξής για το H.261:

- Πρότυπο της ITU (πρώην CCITT) για τηλεδιάσκεψη με εικόνα και ήχο.
- Ευρέως διαδεδομένο και εφαρμοσμένο τόσο σε hardware όσο και σε software.
- Στοχεύει στο ISDN, πρακτικά σε οποιαδήποτε ταχύτητα από 64kbps μέχρι 2Mbps.
- Χρησιμοποιείται και σε συνδυασμό με άλλα πρότυπα για έλεγχο επικοινωνιών και διασκέψεων.

3.1.1 Πολυπλεξία με το H.261

Ο πολυπλέκτης δομεί τα συμπιεσμένα δεδομένα σε μία ιεραρχική ακολουθία bits η οποία μπορεί να μεταφραστεί από οποιοδήποτε μηχάνημα. Η ιεραρχία αυτή έχει 4 επίπεδα:

- Επίπεδο εικόνας (picture layer): αντιστοιχεί σε μία εικόνα από βίντεο (frame, πλαίσιο).
- Ομάδα μπλοκ (group of blocks): αντιστοιχεί στο 1/12 των CIF εικόνων ή στο 1/3 των QCIF. Οι εικόνες CIF είναι ανάλυσης 288x352 pixels ενώ οι εικόνες QCIF είναι ανάλυσης 144x176 pixels.
- Macroblocks: αντιστοιχεί σε 16x16 pixels φωτεινότητας και όσον αφορά το χώρο σε τμήματα 8x8.
- Blocks: αντιστοιχούν σε 8x8 pixels.

Το H.261 χρησιμοποιεί μαζί το intraframe και το interframe. Στην intraframe μορφή κωδικοποίησης DCT χρησιμοποιείται στην συμπίεση, ενώ στην Interframe

μορφή, η κινητική αντιστάθμιση εκτελείται για να υπολογίσει τις διαφορές μεταξύ των frames. Οι διαφορές, κυρίως μικρού μεγέθους, είναι τότε DCT κωδικοποιησιμες.

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε δύο εικόνες με format CIF (Common Intermediate Format) και QCIF (Quarter CIF). Η λειτουργία της QCIF είναι αναγκαία, ενώ η λειτουργία της CIF είναι προαιρετική. Η QCIF χρησιμοποιείται συνήθως για bit με χαμηλό εύρος όπως $p < 3$. Οι εικόνες αποτελούνται από τρία έγχρωμα στοιχεία, Y' και δύο έγχρωμες διαφορές, Cb, Cr (Y'CbCr που αντιστοιχούν σε ένα μετασχηματισμό των τμημάτων YUV). Τα έγχρωμα διαφορετικά στοιχεία αποτελούν την μισή ποσότητα των πληροφοριών του luminance στοιχείου (για κάθε 4 μπλοκ της luminance κωδικοποιούμενων διαφορών μόνο δύο μπλοκ των chrominance πληροφοριών έχουν κωδικοποιηθεί. Ο ακόλουθος πίνακας δείχνει τις γραμμές ανά frame και τα pixels ανά γραμμή για CIF και QCIF.

	CIF lines/frame	CIF pixels/line	QCIF lines/frame	QCIF pixels/line
Luminance (Y)	288	352	144	176
chrominance (Cb)	144	176	72	88
Chrominance (Cr)	144	176	72	88

Στη Intraframe κωδικοποίηση τα 8x8 μπλοκ έχουν μετασχηματιστεί με DCT, έχουν κβαντιστεί και έχουν κωδικοποιηθεί με run-length/entropy. Στην Interframe μορφή κωδικοποίησης η υπόθεση των μπλοκ στο τρέχον frame έχει φτιαχτεί βασιζόμενη στο προηγούμενο frame. Αν οι διαφορές μεταξύ του τρέχοντος μπλοκ και του προβλεφθέντος μπλοκ είναι κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο τότε κανένα δεδομένο δεν στέλνεται, ενώ σε κάθε άλλη περίπτωση η διαφορά λαμβάνεται υπόψη, μετασχηματίζεται μέσω DCT, ποσοτίζεται και κωδικοποιείται με run-length/entropy.

Το βήμα ποσοτισμού προσδιορίζει την ποσότητα των πληροφοριών που στέλνονται και περισσότερες πληροφορίες σημαίνει καλύτερη ποιότητα εικόνας. Οι H.261 κωδικοποιητές προσαρμόζουν την ποσοτική αξία για να πετύχουν ένα σταθερό ρυθμό bits. Αν το εκπεμπόμενο buffer σχεδόν γεμίσει, το μέγεθος του ποσοτικού βήματος θα αυξηθεί με αποτέλεσμα λιγότερες πληροφορίες να κωδικοποιηθούν και να έχουμε φτωχότερη ποιότητα εικόνας. Όμοια, όταν το buffer δεν είναι γεμάτο το μέγεθος ποσοτικού βήματος είναι μειωμένο με αποτέλεσμα περισσότερες πληροφορίες να

κωδικοποιηθούν και να έχουμε καλύτερη ποιότητα εικόνας. Εξαιτίας αυτής της ποσότητας η γρήγορη αλλαγή σκηνής θα έχει φτωχότερη ποιότητα σε σχέση με την στατική εικόνα.

3.2 Πρωτόκολλο συμπίεσης βίντεο MPEG

Ο σκοπός του πρωτοκόλλου συμπίεσης βίντεο MPEG είναι να καλύψει τις αυξανόμενες ανάγκες για την δημιουργία πιο γενικών μεθόδων κωδικοποίησης για κινούμενες εικόνες και για διάφορες εφαρμογές όπως η ψηφιακή αποθήκευση δεδομένων και η επικοινωνία. Έτσι σε αντίθεση με το H.261 που είχε σχεδιαστεί ειδικά για την συμπίεση κινούμενων εικόνων για συστήματα τηλεδιασκέψεων σε ταχύτητες $p \times 64\text{kbps}$, η κωδικοποίηση MPEG βρίσκει εφαρμογή σε ένα μεγαλύτερο εύρος εφαρμογών. Τα κύρια χαρακτηριστικά του προτύπου MPEG συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Στοχεύει τόσο στην ψηφιακή αποθήκευση όσο και στην επικοινωνία.
- Έχει υψηλότερο κόστος αλλά και ποιότητα από το H.261.
- Απαιτεί μεγαλύτερο ελάχιστο εύρος ζώνης μετάδοσης δεδομένων.
- Ο αποκωδικοποιητής του μόλις που μπορεί να εφαρμοστεί σε επίπεδο λογισμικού (software).
- Στην πραγματικότητα απευθύνεται σε εύρος ζώνης της τάξης των 2Mbps έως 8Mbps.

3.2.1 MPEG IV

Το MPEG-4 στοχεύει στην εφαρμογή του σε δίκτυα χαμηλών ταχυτήτων και σε περιβάλλοντα που οι αποθηκευτικές μονάδες είναι μικρές. Κατά κύριο λόγο στοχεύει σε εφαρμογή σε δίκτυα μέχρι 64kbps. Μία βασική προσπάθεια που έχει γίνει από το MPEG-4 αφορά τη μετάδοση κινούμενου video σε συστήματα με πολύ χαμηλούς

ρυθμούς μετάδοσης, με εφαρμογή κυρίως στις κινητές συσκευές. Είναι χαρακτηριστικό ότι το MPEG-4 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ασύρματη μετάδοση video στα 10 Kilobits/sec, που είναι ο ρυθμός μετάδοσης του συστήματος GSM για επικοινωνία φωνής!

3.2.2 Δομή των MPEG εικόνων

Οι αρχικές εικόνες αποτελούνται από τρεις ορθογώνιους πίνακες ακέραιων: έναν πίνακα (Y) φωτεινότητας και δύο πίνακες χρωμάτων (Cb και Cr). Το πρότυπο MPEG υποστηρίζει τρεις τύπους:

- Û **4:2:0** Σε αυτό τον τύπο οι πίνακες Cb και Cr θα είναι το μισό μέγεθος του πίνακα Y τόσο στις οριζόντιες όσο και στις κάθετες διαστάσεις.
- Û **4:2:2** Σε αυτό τον τύπο οι πίνακες Cb και Cr θα είναι το μισό μέγεθος του πίνακα Y στις οριζόντιες διαστάσεις και το ίδιο μέγεθος με αυτόν στις κάθετες διαστάσεις.
- Û **4:4:4** Σε αυτό τον τύπο οι πίνακες Cb και Cr θα είναι το ίδιο μέγεθος του πίνακα Y τόσο στις οριζόντιες όσο και στις κάθετες διαστάσεις.

3.3 DCT Coding (Discrete Cosine Transform Coding)

Ο Διακριτός Συνημιτονικός Μετασχηματισμός (Discrete Cosine Transform) είναι μία μέθοδος που βρίσκει μεγάλη εφαρμογή στην ψηφιακή συμπίεση γενικά αλλά και στο MPEG ειδικότερα. Με το μετασχηματισμό DCT μπορούμε να μεταφέρουμε την πληροφορία που περιλαμβάνει η εικόνα από το πεδίο του χώρου στο πεδίο της συχνότητας (αφηρημένο πεδίο), όπου η περιγραφή της μπορεί να γίνει με σημαντικά μικρότερο πλήθος bits, για διάφορους λόγους.

Ο μετασχηματισμός DCT ορίζεται ως εξής :

Για κάθε pixel (x,y) εφαρμόζοντας τον τύπο :

$$DCT(i, j) = \frac{1}{\sqrt{2N}} C(i)C(j) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} pixel(x, y) \cos\left(\frac{\pi(2x+1)i}{2N}\right) \cos\left(\frac{\pi(2y+1)j}{2N}\right) \quad (3.1)$$

όπου $C(x) = 0.7071, x=0$

$1, x>0$

παίρνουμε την τιμή $DCT(i, j)$ που είναι η τιμή του συντελεστή του μετασχηματισμού στο πεδίο της συχνότητας. Έτσι αντιστοιχίζουμε τις τιμές των pixels στις αντίστοιχες τιμές συντελεστών.

Οι συντελεστές αυτοί μεταφέρουν ο καθένας ένα κομμάτι της αρχικής πληροφορίας (αυτό που αντιστοιχεί στο κομμάτι του φάσματος που περιγράφει). Επειδή όμως έχει παρατηρηθεί ότι η ανθρώπινη όραση αντιλαμβάνεται πολύ περισσότερο τα φαινόμενα που σχετίζονται με χαμηλές συχνότητες όπως (π.χ. χρώματα με μικρότερα μήκη κύματος), ενώ δείχνει κάποια ανοσία σε υψηλές περιοχές του σήματος (π.χ. ακμές της εικόνας), οι συντελεστές του μετασχηματισμού που αντιστοιχούν σε χαμηλές συχνότητες έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα από αυτούς που περιγράφουν τις υψηλές συχνότητες και για το λόγο αυτό οι πρώτοι περιγράφονται με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια.

Κατά την αναπαραγωγή γίνεται η αντίστροφη διαδικασία με τη βοήθεια του μετασχηματισμού **IDCT** (Inverse Discrete Cosine Transform - Αντίστροφος Διακριτός Μετασχηματισμός Συνημίτονων), που περιγράφεται από τον τύπο:

$$Pixel(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2N}} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} C(i)C(j) DCT(i, j) \cos\left(\frac{\pi(2x+1)i}{2N}\right) \cos\left(\frac{\pi(2y+1)j}{2N}\right) \quad (3.2)$$

Το αποτέλεσμα είναι να πάρουμε πίσω σχεδόν ανέπαφη την αρχική πληροφορία (εκτός από κάποια αναπόφευκτα σφάλματα στρογγυλοποίησης).

3.4 Κβαντοποίηση (Quantization)

Η μέθοδος που μας βοηθάει να απαλλαγούμε από σημαντικό μέρος της πληροφορίας είναι η κβαντοποίηση. Με τον όρο κβαντοποίηση γενικά εννοούμε τη

μετατροπή ενός σήματος άπειρων (η πάρα πολλών) τιμών σε ένα σήμα ορισμένων διακριτών τιμών π.χ. η κβαντοποίηση μιας εικόνας που περιέχει εκατομμύρια χρώματα οδηγεί σε μία εικόνα που έχει 256 διαφορετικές τιμές για το χρώμα (πρότυπο JPEG). Με άλλα λόγια κβαντοποίηση είναι ο περιορισμός των bits με τα οποία περιγράφουμε τα δείγματα του σήματος (προφανώς το 256 έχει πολύ λιγότερα bits από τους τεράστιους αριθμούς με τους οποίους έπρεπε να περιγράψουμε τα δείγματά μας αν δεν γινόταν κβαντοποίηση).

Ένα παράδειγμα (με πιο «διαισθητικά» νούμερα) είναι το παρακάτω που δείχνει ταυτόχρονα με τη μεγάλη οικονομία που γίνεται και την εισαγωγή σημαντικών σφαλμάτων (για τον περιορισμό των οποίων επιστρατεύονται άλλες μέθοδοι):

Ο αριθμός 45 είναι 101101 έχει δηλαδή 6 bits.

Με 4 bits γίνεται 1011 = 11

Με 3 bits γίνεται 101 = 5 κτλ.

Για να περιγράψουμε όσο περισσότερες από τις τιμές του σήματος γίνεται με δοσμένο αριθμό bits, με πίνακες κβαντοποίησης (quantization tables) υπάρχει ένας πίνακας για τα πλαίσια που έχουν κωδικοποιηθεί με ενδοπλαισιακή (intra-frame coding) και ένας για αυτά με δια-πλαισιακή (inter-frame coding).

Η σύνταξη του MPEG καθορίζει πως θα αναπαρίσταται η πληροφορία για την κίνηση του κάθε macroblock, ότι θα γίνεται δηλαδή αυτή η αναπαράσταση με τη χρήση διανυσμάτων κίνησης, αλλά δεν καθορίζει πως τα διανύσματα αυτά θα υπολογίζονται και για το λόγο αυτό εμφανίζονται διάφορες υλοποιήσεις της μεθόδου εύρεσης των διανυσμάτων κίνησης οι οποίες στηρίζονται όλες στην ελαχιστοποίηση μίας συνάρτησης που υπολογίζει την ταύτιση του τρέχοντος με το macroblock αναφοράς.

3.5 Τμηματική Πρόβλεψη Κίνησης (Block Motion Compensation)

Ένας τρόπος με τον οποίο μπορούμε να περιγράψουμε πιο αποτελεσματικά εικόνες με κίνηση είναι η τμηματική πρόβλεψη κίνησης. Με τη βοήθεια αυτής της

μεθόδου μπορούμε να εκτελέσουμε τη δια-πλαισιακή (inter-frame) κωδικοποίηση και να περιγράψουμε την αλληλουχία εικόνων ως σειρά ομοιοτήτων και διαφορών. Για παράδειγμα αν σχήμα έχουμε μία σκακιέρα σε δύο φάσεις που διαφέρουν μεταξύ τους στο ότι κάποια πόνια έχουν μετακινηθεί.

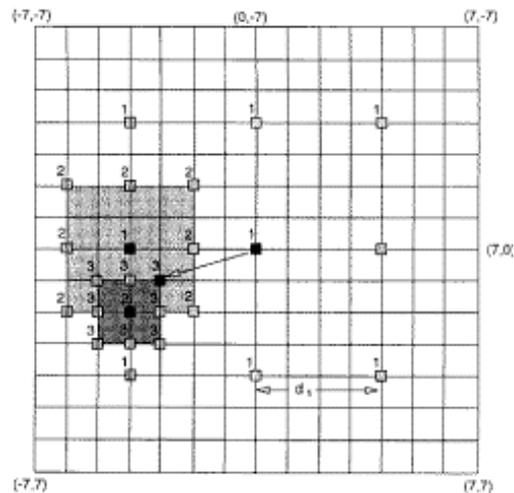
Αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάθε συνάρτηση σφάλματος που υπάρχει, η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη συνάρτηση είναι η Απόλυτη Διαφορά (AE - Absolute Error) η οποία δίνεται από τον παρακάτω τύπο :

$$A E (d_x, d_y) = \sum_{i=0}^{15} \sum_{j=0}^{15} |f(i, j) - g(i - d_x, j - d_y)|$$

Στην παραπάνω εξίσωση το $f(i,j)$ και $g(i,j)$ αντιπροσωπεύουν τις συντεταγμένες των pixels στο τρέχον και το macroblock αναφοράς αντίστοιχα. Το macroblock αναφοράς που καθορίζεται από το διάνυσμα (d_x, d_y) αντιπροσωπεύει την περιοχή αναζήτησης. Το macroblock που παράγει το μικρότερο σφάλμα αντιστοιχεί στην τιμή του διανύσματος που ψάχνουμε.

Η πιο απλή διορατικά αλλά και η πιο πολύπλοκη από πλευράς υπολογιστικής πολυπλοκότητας είναι η πλήρης αναζήτηση (full search) η οποία καλύπτει κάθε pixel στην περιοχή αναζήτησης.

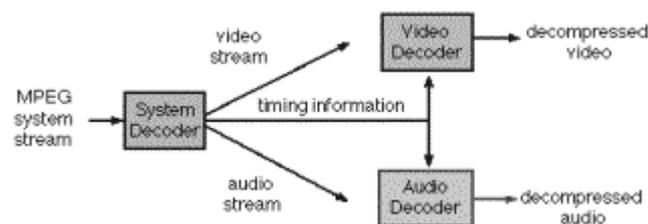
Για να μειωθεί λίγο η υπολογιστική πολυπλοκότητα έχει επινοηθεί η μέθοδος αναζήτησης τριών βημάτων (TSS - Three Step Search). Ο αλγόριθμος υπολογίζει την απόλυτη διαφορά (AE) στο κέντρο και σε οχτώ περιοχές της περιοχής αναζήτησης που είναι 32x32 pixels. Η περιοχή που θα έχει τη μικρότερη απόλυτη διαφορά γίνεται το κέντρο για την επόμενη αναζήτηση, η οποία έτσι έχει το μισό μέγεθος. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται τρεις φορές, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (η περιοχή του κάθε βήματος περικλείεται από σημεία που φέρουν την αντίστοιχη αρίθμηση).



Σχήμα 3.1: Motion Compensation με χρήση του Three Step Search

3.6 Ανατομία του σήματος MPEG

Ένα σήμα κωδικοποιημένο με MPEG αποτελείται από τρία επίπεδα: system, video και audio, όπως φαίνεται παρακάτω :



Σχήμα 3.2: Σχηματικό διάγραμμα αποκωδικοποιητή MPEG.

Το επίπεδο system περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με το συγχρονισμό, ελέγχει τη ροή του σήματος για να μην παρατηρείται έλλειψη ή πλεονασμός δεδομένων, παρέχει πληροφορίες για σημεία αναφοράς που διευκολύνουν την τυχαία προσπέλαση (random access) και τέλος περιέχει πληροφορίες για το διαχωρισμό του video από το audio και για την συγχρονισμένη απεικόνισή τους.

Τα επίπεδα video και audio περιέχουν κωδικοποιημένη την εικόνα και τον ήχο αντίστοιχα.

Η κωδικοποίηση αυτών των επιπέδων μπορεί να έχει γίνει ταυτόχρονα ή ξεχωριστά. Σε κάθε περίπτωση, τα δεδομένα των τριών επιπέδων συνενώνονται σε ένα ενιαίο σήμα (bit-stream) μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται πολυπλεξία (multiplexing ή muxing). Η αντίστροφη διαδικασία ονομάζεται demultiplexing (ή demuxing). Μερικά συστήματα κάνουν την πολυπλεξία σε πραγματικό χρόνο (real-time) και άλλα όχι.

Προκειμένου να γίνει η επεξεργασία της εικόνας και η διαδικασία πρόβλεψης της κίνησης, το κάθε πλαίσιο (frame) της εικόνας χωρίζεται σε τμήματα που ονομάζονται slices. Τα slices περιέχουν μία σειρά macroblocks, οποία όπως φανερώνει και το όνομά τους περιέχουν μία σειρά από blocks. Τα blocks είναι τμήματα της εικόνας διαστάσεων 8x8.

Ο ρόλος των slices είναι να περιορίσουν τη διάδοση των λαθών (error propagation). Αν ένα slice ληφθεί με λάθος παραλείπεται χωρίς να χάνουμε όλη την εικόνα. Γενικά τα slices βοηθούν στην απόκρυψη των σφαλμάτων (error concealment).

Το κάθε macroblock περιέχει ένα πίνακα με πληροφορίες φωτεινότητας (16x16) και δύο πίνακες του μισού μεγέθους (8x8) για το χρώμα.

Τα σήματα Cr και Cb δειγματοληπτούνται στα 6,75 Hz και το Y στα 13,5 Hz (δηλαδή στη διπλή συχνότητα). Και οι δύο συχνότητες πάντως έχουν επιλεγεί γιατί είναι πολλαπλάσια του 2,25 Hz που είναι το ελάχιστο κοινό πολλαπλάσιο των γραμμών των πλαισίων PAL και NTSC ($525/2 \cdot 25$ και $625/2 \cdot 30$) και αυτό γιατί σύμφωνα με τηλεοπτικά πρότυπα πρέπει ο ρυθμός δειγματοληψίας να είναι ο ίδιος ανεξάρτητα με τη συχνότητα του αναλογικού σήματος.

3.7 Είδη πλαισίων (frames)

Δύο βασικές προσεγγίσεις στην κωδικοποίηση της κινούμενης εικόνας είναι οι παρακάτω. Η πρώτη είναι βασισμένη στη μέθοδο συμπίεσης ακίνητης εικόνας JPEG και η δεύτερη στην τμηματική πρόβλεψη κίνησης (block motion compensation) :

Ενδο-πλαισιακή
Κωδικοποίηση (Intra-frame
Coding):

από διακριτές ακίνητες εικόνες.

Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση η κάθε εικόνα (frame) αντιμετωπίζεται σαν αυτόνομη μονάδα και κωδικοποιείται ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες, οπότε το τελικό σήμα είναι μία σειρά

Δια-πλαισιακή
Κωδικοποίηση (Inter-frame
Coding):

μία εξάρτηση μεταξύ των πλαισίων αφού για να αποκωδικοποιηθεί κάποιο πιθανώς να πρέπει να ληφθούν πληροφορίες και από κάποιο άλλο (προηγούμενο ή επόμενο). Γίνεται έτσι πολύ μεγαλύτερη συμπίεση, αφού μόνο οι διαφορές μεταξύ των πλαισίων κωδικοποιούνται.

Λαμβάνονται κατά την κωδικοποίηση υπ' όψη οι πιθανές ομοιότητες μεταξύ των πλαισίων και κωδικοποιείται η διαφορά τους με χρήση του block motion compensation. Έτσι στο τελικό σήμα υπάρχει

Σε ένα σήμα (bit-stream) MPEG υπάρχουν τριών ειδών πλαίσια :

I (Intra frames) : Το είδος αυτό των πλαισίων κάνει χρήση του intra frame-coding. Τα πλαίσια τύπου I είναι τα μόνα που είναι κωδικοποιημένα στο σύνολό τους και η αποκωδικοποίηση μπορεί να γίνει χωρίς αναφορά σε κάποιο άλλο. Είναι κατά συνέπεια τα μεγαλύτερα σε μήκος και αποτελούν σημεία αναφοράς κατά την τυχαία προσπέλαση ενός σήματος. Επειδή η παρουσία τους είναι απαραίτητη σε σημείο χρονικής αναφοράς και για να αποφευχθεί η διάδοση των σφαλμάτων που δημιουργούν τα P πλαίσια επιβάλλεται να μεταδίδονται ανά τακτά χρονικά πλαίσια. Έτσι υπάρχει ένα I πλαίσιο τουλάχιστον κάθε 15 πλαίσια (δηλαδή δύο φορές το δευτερόλεπτο αν η συχνότητα είναι 30 Hz). Η διαδικασία της κωδικοποίησης ενός I πλαισίου φαίνεται στο σχήμα 3.3. Η εικόνα χωρίζεται σε macroblocks και για κάθε block ξεχωριστά εφαρμόζεται DCT, Κβαντοποίηση, Zig-Zag Scanning, Run-Length-Encoding και Huffman Encoding.

P (Predicted frames) : Τα πλαίσια τύπου P είναι βασισμένα σε ένα προηγούμενο I ή P πλαίσιο. Με τη βοήθεια του motion compensation προβλέπουν τη νέα θέση όποιων macroblocks έχουν απλά μετακινηθεί και κωδικοποιούν τον αριθμό του macroblock και ένα διάνυσμα κίνησης. Με τη σειρά τους μπορούν να αποτελέσουν και αυτά σημείο αναφοράς για επόμενα πλαίσια και αυτός είναι και ο λόγος που συμβάλλουν στην εισαγωγή και διάδοση σφαλμάτων, αφού η διαδικασία της

πρόβλεψης κίνησης δεν μπορεί να είναι 100% ακριβής. Δεν έχουν το μέγεθος των I πλαισίων γιατί δεν έχουν περιγραφεί με την ίδια ακρίβεια, δηλαδή παρουσιάζουν μεγαλύτερο ποσοστό συμπίεσης. Η διαδικασία λοιπόν της κωδικοποίησης τους, όπως φαίνεται και από το σχήμα 3.3 είναι: σύγκριση macroblocks και δημιουργία ενός γραμμικού συνδυασμού αυτών που παρουσιάζουν σημαντική ομοιότητα, δημιουργία motion vector, μετασχηματισμός DCT σε κάθε block του νέου macroblock, Κβαντοποίηση, Run-Lenght-Encoding και το αποτέλεσμα κωδικοποιείται με κωδικοποίηση Huffman, όπως και στα I πλαίσια.

B (Bi-directional frames): Τα πλαίσια τύπου B είναι πλαίσια που δημιουργούνται λαμβάνοντας το μέσο όρο σε επίπεδο macroblock ενός προηγούμενου και ενός επόμενου πλαισίου I και P (ένα από το κάθε είδος). Δε συντελούν τόσο πολύ στη διάδοση των σφαλμάτων γιατί δεν χρησιμοποιούνται ως σημεία αναφοράς και επιπλέον μειώνουν σημαντικά το σφάλμα παίρνοντας το μέσο όρο από δύο πλαίσια. Μπορούμε να πούμε ότι ο ‘κύκλος της ζωής’ τους περιορίζεται μόνο σε αυτά και δεν επεκτείνεται με το να κληροδοτούν πληροφορίες σε άλλα πλαίσια, κάτι που πολλές φορές σε συνδυασμό και με την υπολογιστική πολυπλοκότητα που απαιτούν για την κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση τα κάνει μη επιθυμητά από τους κατασκευαστές. Η διαδικασία της κωδικοποίησης περιλαμβάνει συνδυασμό των αντίστοιχων macroblocks που παρουσιάζουν μικρές διαφορές με τα αντίστοιχα των πλαισίων αναφοράς (προηγούμενο και επόμενο) δηλαδή αφαίρεση του μέσου όρου των άλλων δύο από το τρέχον πλαίσιο, συνδυασμό των διανυσμάτων κίνησης των πλαισίων αναφοράς (που συνδυάζονται όπως και τα αντίστοιχα macroblocks, δηλαδή λαμβάνεται ο μέσος όρος τους) και στη συνέχεια την ίδια διαδικασία με τα I και P πλαίσια για την κωδικοποίηση του macroblock που προκύπτει.

Ο κύριος λόγος ύπαρξης των B-πλασίων είναι η κάλυψη της περίπτωσης κάποιες πληροφορίες της εικόνας να υπάρχουν σε επόμενα πλαίσια και να μην υπάρχουν στα προηγούμενα. Συνεπώς η πρόβλεψή τους με τα P πλαίσια θα ήταν αδύνατη. Σαν παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε μία πόρτα που ανοίγει ξαφνικά. Η πληροφορία για το τι βρίσκεται πίσω από την πόρτα υπάρχει στα επόμενα πλαίσια και όχι στα προηγούμενα και για να εμφανιστεί και στο τρέχον πλαίσιο πρέπει να ληφθούν σαν σημεία αναφοράς και το προηγούμενο και το επόμενο.

Αφού τα πλαίσια P κατασκευάζονται με βάση τα I και τα B με βάση τα I και P είναι προφανές ότι τα I πρέπει να έχουν σταλεί πριν τα αντίστοιχα P. Επίσης και τα P αλλά και τα I πρέπει να έχουν σταλεί πριν από τα αντίστοιχα B, παρόλο που στη μετάδοση αυτά παρεμβάλλονται ανάμεσά τους. Η σειρά με την οποία απεικονίζονται και η σειρά με την οποία αποστέλλονται τα πλαίσια (που προφανώς δεν είναι η ίδια) φαίνεται στο παρακάτω σχήμα :

Η συνηθέστερη διάταξη των πλαισίων σε ένα σήμα MPEG είναι η παρακάτω. Πολλές φορές παρεμβάλλονται περισσότερα B πλαίσια και τα I πλαίσια απέχουν περισσότερο μεταξύ τους (αλλά αυτό υποβαθμίζει την ποιότητα της εικόνας γιατί τα σφάλματα διαδίδονται περισσότερο). Η μικρότερη μονάδα που μπορεί να αποκωδικοποιηθεί ανεξάρτητα ονομάζεται GOP (Group of Pictures) και περιέχει όλα τα I,P,B πλαίσια που χρειάζονται για την αποκωδικοποίηση, χωρίς να γίνονται αναφορές σε άλλο GOP. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η αναλογία πλαισίων I,P,B σε ένα σήμα MPEG

Είδος εικόνας	Bit-rate	I	P	B	Μέσος όρος
MPEG-1	(1.15 Mbit/sec)	150,000	50,000	20,000	38,000
MPEG-2	(4.00Mbit/sec)	400,000	200,000	80,000	130,000

Πίνακας 3-1.

3.8 Προσαρμοστική Κωδικοποίηση - Adaptive coding

Όπως προαναφέρθηκε υπάρχουν δύο είδη κωδικοποίησης (inter-frame και intra-frame με motion compensation). Επίσης είναι δεδομένο ότι επιβάλλεται η μετάδοση ενός I πλαισίου κάθε 15 πλαίσια. Πέρα από αυτό όμως οι απαιτήσεις της εικόνας μπορεί να απαιτούν περισσότερα ή ακόμα και λιγότερα, δηλαδή μπορεί η εικόνα να περιλαμβάνει γρήγορες αλλαγές σκηνικών και χρωμάτων ή το αντίθετο. Στην πρώτη περίπτωση μπορεί να απαιτηθούν περισσότερα intra-frame πλαίσια και στη δεύτερη για λόγους οικονομίας, λιγότερα. Έτσι σε πολλές περιπτώσεις (πιο πολύπλοκες υλοποιήσεις) ο κωδικοποιητής μπορεί να επιλέξει το είδος κωδικοποίησης ανάλογα με

της ανάγκες της εικόνας. Δηλαδή οι δύο τρόποι κωδικοποίησης χρησιμοποιούνται περιοδικά για να «φιλτράρουν» την εικόνα από αυξημένες παραμορφώσεις, ή στην αντίθετη περίπτωση να ελαττώσουν το ρυθμό μετάδοσης.

3.9 Οι μέθοδοι Run Length Encoding και Huffman

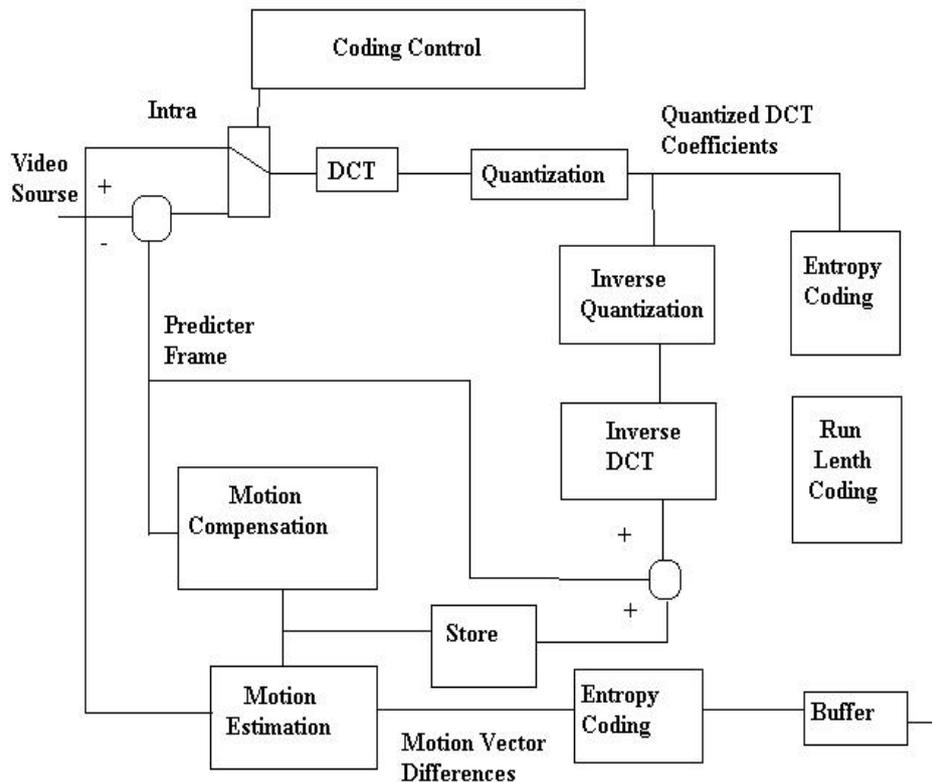
Οι δύο αυτές μέθοδοι δεν μεταβάλουν τις τιμές των δειγμάτων (όπως ο μετασχηματισμός DCT για παράδειγμα ή η κβαντοποίηση), αλλά χρησιμοποιούνται στο τελικό στάδιο της κωδικοποίησης, για να μειώσουν τον αριθμό bits που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση τους.

Η πρώτη (Run-Length-Encoding) στηρίζεται στο γεγονός ότι υπάρχουν πολλά μηδενικά σε διαδοχικές θέσεις και ανάμεσά τους κάποιες μη μηδενικές τιμές. Έτσι χρησιμοποιώντας κάποια σύμβολα (flags) που δείχνουν ότι αυτό που τα ακολουθεί δεν είναι διακριτή τιμή του σήματος αλλά ομάδα τιμών, ομαδοποιούν τα μηδενικά και τα μεταδίδουν σαν έναν αριθμό (πλήθος μηδενικών). Έτσι σχηματίζονται ζευγάρια τιμών που ο πρώτος δείχνει το πλάτος μιας μη μηδενικής συνιστώσας και ο δεύτερος των αριθμό μηδενικών που ακολουθεί μέχρι την επόμενη, γλυτώνοντας έτσι πολλά bit.

Η δεύτερη (Huffman) είναι μια μέθοδος που αντιστοιχίζει σε συχνότερα εμφανιζόμενες τιμές μία συμβολική τιμή που είναι μικρή (έχει όσο το δυνατόν λιγότερα bits). Ταυτόχρονα δημιουργεί και ένα «λεξικό» (έναν πίνακα δηλαδή) που δείχνει αυτή την αντιστοίχιση και προσθέτει και το λεξικό αυτό στο σήμα για να χρησιμοποιηθεί από τον αποκωδικοποιητή. Έτσι τιμές που εμφανίζονται συχνά και έχουν μεγάλο αριθμό bits περιγράφονται με άλλες που έχουν μικρότερο, άρα πάλι έχουμε οικονομία σε bits.

3.10 Διαδικασία Κωδικοποίησης

Ας δούμε με ένα παράδειγμα την όλη διαδικασία της κωδικοποίησης, όπως εφαρμόζεται στους πίνακες των macroblocks και στο Σχήμα 3.3. Η διαδικασία αφορά ένα πλαίσιο που κωδικοποιείται με κωδικοποίηση μετασχηματισμού DCT δηλαδή ένα I πλαίσιο.



Σχήμα 3.3 Διάγραμμα Video Encoder

Έστω ότι έχουμε ένα τέτοιο πλαίσιο, ένα block του οποίου είναι το παρακάτω. Τα νούμερα του αρχικού πίνακα είναι τυχαία και δεν αντιστοιχούν σε κάποια πραγματική εικόνα. Δείχνουν απλώς την επίδραση που έχουν πάνω σε ένα πίνακα οι διαδικασίες του μετασχηματισμού DCT και της Κβαντοποίησης.

131	134	139	143	144	144	144	144
134	141	143	146	149	146	146	146
143	145	150	153	148	146	146	146
148	151	152	151	150	148	148	148

150	150	151	152	152	145	145	145
152	151	151	151	150	147	146	145
151	152	153	153	151	148	147	147
151	152	153	153	151	149	149	148

Πίνακας 3.2: Τυχαίο αρχικό μπλοκ pixels 8x8.

Το παραπάνω block μετά από εφαρμογή του μετασχηματισμού DCT μετασχηματίζεται στο παρακάτω (Πίνακας 2). Καθώς κινούμαστε προς τα δεξιά αυξάνει η οριζόντια ανάλυση και προς τα κάτω η κάθετη. Η τιμή που βρίσκεται στη θέση (0,0) ονομάζεται συντελεστής DC ενώ οι υπόλοιποι ονομάζονται συντελεστές AC. Ο συντελεστής DC δηλαδή ορίζεται σαν αυτός που η συχνότητά του είναι μηδέν και στις δύο κατευθύνσεις, ενώ AC είναι ένας συντελεστής του οποίου η συχνότητα είναι διάφορη του μηδενός σε τουλάχιστον μία διεύθυνση.

Το μεγαλύτερο μέρος της πληροφορίας περιέχεται στο συντελεστή DC (η τιμή του είναι μεγαλύτερη από το διπλάσιο του μέσου όρου των υπολοίπων). Ο συντελεστής αυτός δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να παραλειφθεί, σε αντίθεση με τους συντελεστές AC της κάτω δεξιά περιοχής που αντιστοιχούν σε υψηλές συχνότητες και στο τέλος της κωδικοποίησης έχουν πάρει σχεδόν όλοι την τιμή μηδέν.

Ο πίνακας που ακολουθεί είναι το αποτέλεσμα του μετασχηματισμού DCT του προηγούμενου :

294,94	0,32	-3,08	-1,37	0,44	-0,02	-0,42	0,19
-5,81	-4,07	-1,19	-0,41	-0,15	-0,15	-0,08	-0,11
-2,62	-2,40	-0,34	0,09	-0,29	0,01	0,06	-0,17
-2,06	-0,19	0,10	0,65	0,31	-0,17	0,00	0,21
-0,25	-0,20	0,28	0,11	0,00	-0,01	0,02	0,16
-0,26	0,13	0,32	-0,20	-0,21	0,31	0,33	-0,22
-0,27	0,35	0,12	-0,00	-0,12	0,66	0,28	-0,19
-0,31	0,36	-0,50	-0,32	-0,52	0,37	0,07	-0,01

Πίνακας 3.3: Το ίδιο μπλοκ μετά από εφαρμογή DCT.

Στο επόμενο στάδιο εφαρμόζεται κβαντοποίηση και ποσοστοποίηση (thresholding) των τιμών δηλαδή απορρίπτονται αυτές που είναι κάτω από ένα ορισμένο επίπεδο (και αντικαθίστανται με μηδενικά). Η διαδικασία αυτή βασίζεται αφ' ενός στο ότι οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται σε περιοχές που δεν είναι τόσο κρίσιμες από πλευράς αντίληψης των αλλοιώσεων που δημιουργούνται, αλλά και στο ότι τα πολλά μηδενικά και μάλιστα σε διαδοχικές θέσεις είναι πολύ εύκολο να κωδικοποιηθούν με ελάχιστα bits με τη μέθοδο Run-Length encoding. Ο προηγούμενος πίνακας μετά από ποσοστοποίηση, ακολουθεί παρακάτω :

294,94	0,00	-3,08	-1,37	0,00	0,00	0,00	0,00
-5,81	-7,07	-1,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-2,62	-2,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-2,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

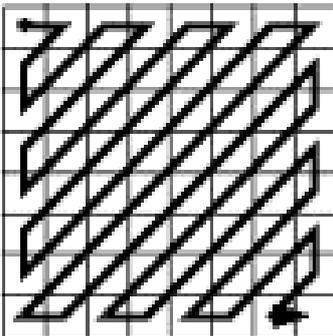
Πίνακας 3.4: Το προηγούμενο μπλοκ μετά από εφαρμογή ποσοστοποίησης (thresholding).

Σειρά έχει η κβαντοποίηση. Η κβαντοποίηση στις περισσότερες υλοποιήσεις είναι αφ' ενός ποικίλη (χρησιμοποιείται διαφορετικός νόμος κβαντοποίησης) αλλά και ρυθμιζόμενη δηλαδή είναι ρυθμιζόμενη η τιμή του κβαντιστή με αντίστοιχη επίδραση στην τελική ποιότητα και το ρυθμό μετάδοσης, δύο μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα όπως έχει προαναφερθεί. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα ο νόμος κβαντοποίησης που έχει χρησιμοποιηθεί για λόγους απλότητας είναι η στρογγυλοποίηση των αριθμών, που μειώνει σημαντικά τον αριθμό bits, αλλά μπορεί να εφαρμοστεί και άλλη

κβαντοποίηση π.χ. τιμές που διαφέρουν μόνο κατά 3 μεταξύ τους κτλ. (εξαρτάται από το hardware).

Ακολουθεί η σάρωση σε σχήμα zig-zag. Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη γιατί κάποια στιγμή όλα τα δεδομένα που περιέχονται στους πίνακες 2 διαστάσεων, αφού υποστούν επεξεργασία, πρέπει να μεταδοθούν από ένα σειριακό μέσο, άρα πρέπει να κωδικοποιηθούν σειριακά σε ένα σήμα. Το γιατί έχει επιλεγεί το συγκεκριμένο σχήμα σάρωσης (zig-zag από την πάνω δεξιά γωνία όπως στο πιο κάτω σχήμα) γίνεται προφανές από τον πίνακα 4 αν παρατηρήσει κανείς ότι οι τιμές που έχουν προκύψει έχουν μία διάταξη αυξανόμενου μεγέθους αν τις σαρώσουμε κατά αυτό τον τρόπο. Αυτό δεν είναι κάτι τυχαίο που προέκυψε για τις συγκεκριμένες τιμές του παραδείγματος αλλά είναι ιδιότητα του μετασχηματισμού. Η αποθήκευση των τιμών κατά αυτό τον τρόπο βοηθάει πολύ στα επόμενα στάδια της κωδικοποίησης RLE (Run-Length-Encoding) και Huffman.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διάταξη της σάρωσης zig-zag:



Σχήμα 3.4: Zig-zag scanning.

Κεφάλαιο 4 Δομή WCDMA

- WCDMA (Wide-Code Division Multiple Access)
- Διαμόρφωση
- Μετάδοση

Περίληψη

Αυτό το κεφάλαιο περιγράφει τη ραδιο πρόσβαση δικτύου ενός συστήματος WCDMA που λειτουργεί στον τρόπο FDD. Η διάδοση και η διαμόρφωση η λειτουργία για τα φυσικά κανάλια (DPCH) και στις δύο συνδέσεις είναι διευκρινισμένη δεδομένου ότι είναι το πιο ουσιαστικό μέρος του προσομοιωτή. Το uplink και η δομή δεδομένων downlink συνδέσεων για το DPCHs περιγράφεται. Οι κώδικες διάδοσης και περιπλέγματος που χρησιμοποιούνται και στις δύο συνδέσεις ερευνούνται. Η διαδίδοντας δομή διαμόρφωσης και δεδομένων για το φυσικό τυχαίο κανάλι πρόσβασης (PRACH), το κανάλι συγχρονισμού (SCH), περιγράφονται λεπτομερώς μαζί με εκείνους του DPCHs.

4.1 Δομή καναλιών

Το WCDMA καθορίζει δύο (dedicated physical) φυσικά κανάλια και στις δύο συνδέσεις:

- Dedicated Physical Data Channel (DPDCH): για φέρει δεδομένα που παράγονται στο στρώμα 2 και πάνω.
- Dedicated Physical Control Channel (DPCCH): για να φέρει στο στρώμα 1 πληροφορίες ελέγχου.

Σε κάθε σύνδεση διατίθεται ένα DPCCH και μηδέν, ένα ή περισσότερα DPDCHs. Υπάρχουν κοινά φυσικά κανάλια που ορίζονται ως:

- Αρχικά και δευτεροβάθμια κοινά φυσικά κανάλια ελέγχου (CCPCH) μεταφέρουν τα κοινά κανάλια downlink συνδέσεων
- Κανάλια συγχρονισμού (SCH)
- Τυχαίο κανάλι πρόσβασης (PRACH)

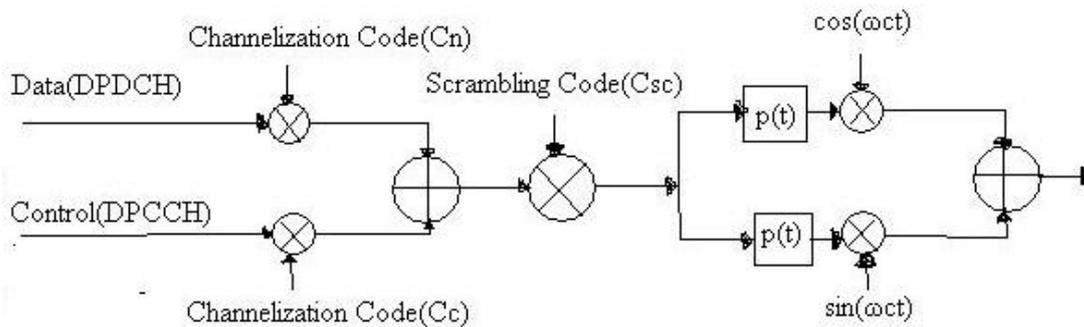
Η διάδοση και η διαμόρφωση για το DPDCH και το DPCCH και για τις δύο συνδέσεις περιγράφεται στις ακόλουθες δύο υποενότητες.

4.1.1 Uplink διάδοση και διαμόρφωση

Στο Uplink η διαμόρφωση δεδομένων και των DPDCH και DPCCH είναι δυαδική διαμόρφωση μετατόπισης φάσης (BPSK). Το διαμορφωμένο DPCCH χαρτογραφείται q-channel, ενώ το πρώτο DPDCH χαρτογραφείται στο i-kanάλι. Στη συνέχεια τα προστιθέμενα DPDCHs χαρτογραφούνται εναλλακτικά στο i ή q-channel. Η διαδίδοντα διαμόρφωση εφαρμόζεται μετά από τη διαμόρφωση των δεδομένων και πριν από το pulse shaping. Η διαδίδοντα διαμόρφωση που χρησιμοποιείται στο uplink είναι διπλό κανάλι QPSK. Η διαδίδοντα διαμόρφωση αποτελείται από δύο διαφορετικές διαδικασίες. Η πρώτη διαδίδει κάθε σύμβολο δεδομένων σε διάφορα chips που δίνονται από το διαδίδοντα παράγοντα. Αυτό αυξάνει το εύρος ζώνης του σήματος. Η δεύτερη λειτουργία είναι το scrambling όπου ο εκτιμημένος κώδικας scrambling εφαρμόζεται

για να διαδώθει το σήμα. Το σχήμα 4.1 παρουσιάζει τη διάδοση και διαμόρφωση για το uplink. Ο uplink χρήστης έχει ένα DPDCH και ένα DPCCCH.

Τα διπολικά σύμβολα δεδομένων στους κλάδους i και του q πολλαπλασιάζονται ανεξάρτητα με διαφορετικούς κώδικες channelization. Οι κώδικες channelization είναι γνωστοί ως Orthogonal Variable Spreading Factor (OVSF) κώδικες. Οι κώδικες OVSF συζητούνται στην παράγραφο 4.4.



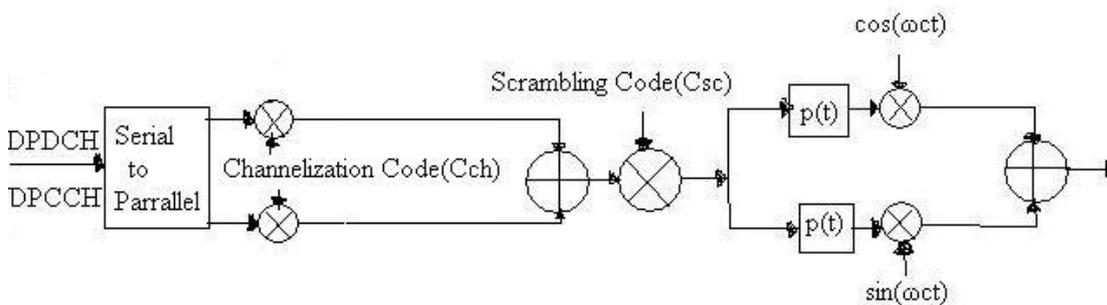
Σχήμα 4 .1: Uplink διάδοση και διαμόρφωση

Το επακόλουθο σήμα πολλαπλασιάζεται με έναν σύνθετο scrambling κώδικα. Στο συγκρότημα ο scrambling κώδικας είναι μια μοναδική υπογραφή του κινητού σταθμού. Έπειτα, το scrambled σήμα γίνεται παλμός. Τα Square-Root Raised Cosine filters με τον παράγοντα μείωσης 0,22 υιοθετούνται για τη διαμόρφωση παλμού. Το διαμορφωμένο σήμα είναι στη συνέχεια όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1.

Η εφαρμογή ενός σύνθετου scrambling κώδικα με τη διάδοση της διαμόρφωσης όπως περιγράφεται παραπάνω καλείται συνήθως ως υβριδική διαμόρφωση μετατόπισης φάσης (HPSK). Η HPSK μειώνει peak-to-average δύναμη του κινητού σταθμού με την παραγωγή της σύνθετης ακολουθίας scrambling με έναν ειδικό τρόπο. Η παραγωγή του σύνθετου scrambling κώδικα συζητείται στην παράγραφο 4.5. Ο διαδίδοντας παράγοντας για το κανάλι ελέγχου θέτεται πάντα στην υψηλότερη αξία που είναι 256. Αυτό βελτιώνει την ασυλία θορύβου στο κανάλι ελέγχου με το να εκμεταλλευθεί υψηλότερο πιθανό κέρδος επεξεργασίας.

4.1.2 Διάδοση και διαμόρφωση downlink συνδέσεων

Για τη διαμόρφωση των δεδομένων στην downlink σύνδεση εφαρμόζεται η Quaternary Phase Shift Keying (QPSK). Κάθε ζευγάρι δύο bits είναι serial-to-parallel μετατρεμμένη και ταξινομική στο i και το q και διακλαδίζεται αντίστοιχα. Τα δεδομένα στους κλάδους i και του q διαδίδονται στο chip rate από τον ίδιο κώδικα channelization. Ο κώδικας channelization είναι οι ίδιοι κώδικες OVSF αναφερθέντες στην παράγραφο 4.1.1. Αυτό το σήμα διάδοσης είναι τότε περιπλεγμένο έπειτα από έναν συγκεκριμένο κώδικα scrambling κυττάρων. Το σχήμα 4.2 παρουσιάζει τη διάδοση και διαμόρφωση για έναν χρήστη downlink συνδέσεων. Ο χρήστης downlink συνδέσεων έχει το DPDCH και ένα DPCCH το πρόσθετο DPDCHs είναι QPSK που διαμορφώνεται και μεταδίδεται με διαφορετικούς κώδικες channelization.



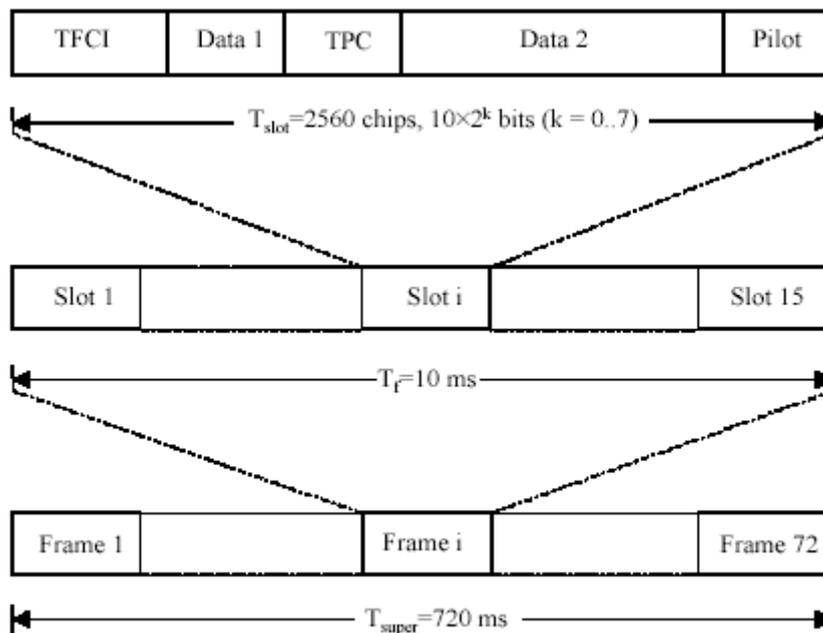
Σχήμα 4.2: Διάδοση και διαμόρφωση κατιουσών συνδέσεων

Μπορούμε να παρατηρήσουμε μερικές διαφορές μεταξύ της διάδοσης και της διαμόρφωσης με downlink σύνδεση και αυτή με uplink. Η διαμόρφωση στοιχείων είναι QPSK στην κατιούσα σύνδεση ενώ είναι BPSK για uplink. Τα ποσοστά δεδομένων στο i και τα q -κανάλια είναι τα ίδια στην downlink σύνδεση εκτιμώντας ότι τα ποσοστά δεδομένων στο i και q -channel uplink μπορούν να είναι διαφορετικά. Ο scrambling κώδικας είναι κύτταρο συγκεκριμένο στην downlink σύνδεση, ενώ είναι κινητός σταθμός συγκεκριμένος στο uplink.

Στο uplink, αυξημένα τα Square-Root Raised Cosine filters με τον παράγοντα μείωσης 0,22 είναι για τη διαμόρφωση σφυγμού. Το διαμορφωμένο σφυγμός σήμα είναι στη συνέχεια όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 4.2. Οι κώδικες OVSF και οι κώδικες scrambling περιγράφονται στις παραγράφους 4.4 και 4.5 αντίστοιχα.

4.2 Uplink δομή πλαισίων

Το σχήμα 4.3 παρουσιάζει την κύρια δομή πλαισίων των dedicated uplink φυσικών καναλιών. Κάθε πλαίσιο της είναι 10ms χωρισμένο σε 15 αυλακώσεις. Κάθε αυλάκωση είναι μήκους 2560 chips, σε αντιστοιχία με μια περίοδο ελέγχου δύναμης. Το μήκος πλαισίων είναι 720ms δηλ. το πλαίσιο αντιστοιχεί σε 72 πλαίσια.



Σχήμα 4.3: Δομή πλαισίων για την downlink σύνδεση DPCH

Τα πειραματικά bits βοηθούν την αποδιαμόρφωση και την εκτίμηση καναλιών. Το TFCI χρησιμοποιείται για να δείξει και να προσδιορίσει αρκετές ταυτόχρονες υπηρεσίες. Τα bits πληροφοριών ανατροφοδότησης (FBI) πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για να υποστηρίξουν τις τεχνικές που απαιτούν την ανατροφοδότηση. Το TPC που αντιπροσωπεύει τον έλεγχο δύναμης μετάδοσης χρησιμοποιείται για λόγους ελέγχου δύναμης.

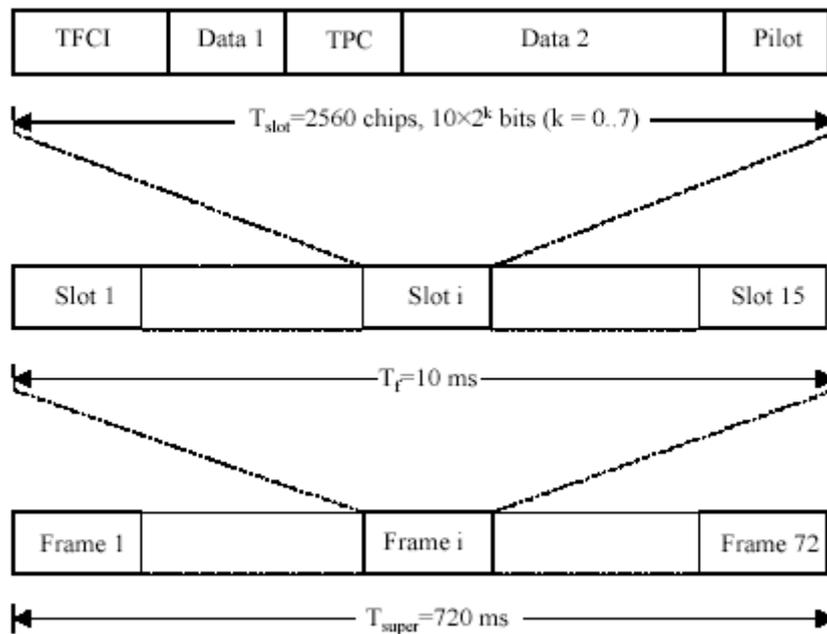
Η παράμετρος K στο σχήμα 4.3 καθορίζει τον αριθμό κομματιών σε κάθε αυλάκωση. Συσχετίζεται στη διάδοση του παράγοντα (SF) του φυσικού καναλιού όπως

$$SF = 512 / 2^k \quad (4.1)$$

Ο διαδίδοντας παράγοντας μπορεί έτσι να κυμανθεί από 256 ως 4. Ο διαδίδοντας παράγοντας είναι επιλεγμένος σύμφωνα με το data rate.

4.3 Δομή πλαισίων downlink συνδέσεων

Το σχήμα 4.4 παρουσιάζει την κύρια δομή πλαισίων της downlink σύνδεσης φυσικών καναλιών. Όπως στο uplink, κάθε πλαίσιο 10ms είναι χωρισμένο σε 15 αυλακώσεις. Κάθε αυλάκωση είναι μήκους 2560 chips, που αντιστοιχούν σε μια περίοδο ελέγχου δύναμης. Ένα πλαίσιο αντιστοιχεί σε 720ms, δηλ. το μήκος super πλαισίων αντιστοιχεί σε 72 πλαίσια.



Σχήμα 4.4: Δομή πλαισίων για την downlink σύνδεση DPCCH

Η παράμετρος K συσχετίζεται με το SF του φυσικού καναλιού όπως

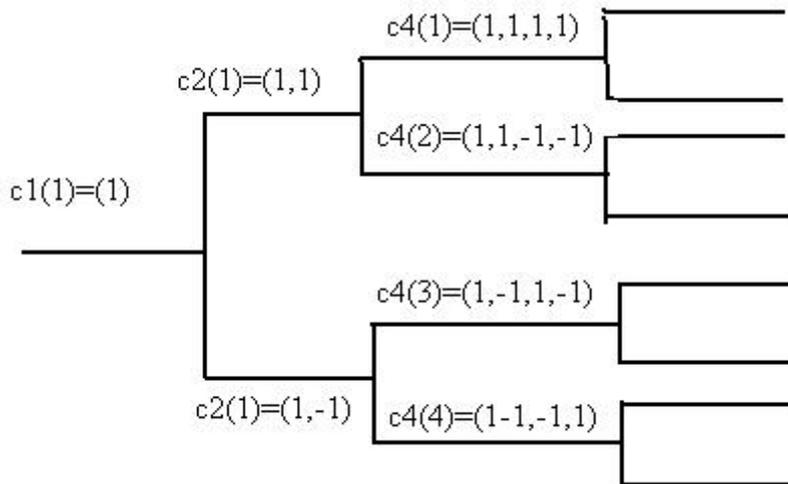
$$SF = 512 / 2^K \quad (4.2)$$

Ο διαδίδοντας παράγοντας έχει έτσι μια σειρά 4 έως 512, Κατά συνέπεια ένας πρόσθετος διαδίδοντας παράγοντας από 512 επιτρέπεται στην κατιούσα σύνδεση. Τα διαφορετικά κομμάτια ελέγχου έχουν την παρόμοια έννοια σε εκείνα στο uplink.

4.4 Uplink κώδικες OVSF

Ο διαδίδοντας κώδικας, διαδίδει τα στοιχεία στο chip rate των 3,84 (Mcps). Ο σημαντικότερος σκοπός των διαδίδοντας κωδικών είναι να βοηθήσουν να συντηρήθει ο ορθογωνισμός μεταξύ των διαφορετικών φυσικών καναλιών του uplink χρήστη. Όπως αναφέρεται στην παράγραφο 4.1.1, οι κώδικες OVSF υιοθετούνται ως uplink διαδίδοντας κώδικες. Οι κώδικες OVSF μπορούν να εξηγηθούν χρησιμοποιώντας το δέντρο κώδικα που παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα. Ο subscript δίνει εδώ το

διαδίδοντα παράγοντα και το επιχειρήμα (argument) μέσα στην παρένθεση παρέχει τον κωδικό αριθμό για το διαδίδοντα παράγοντα.



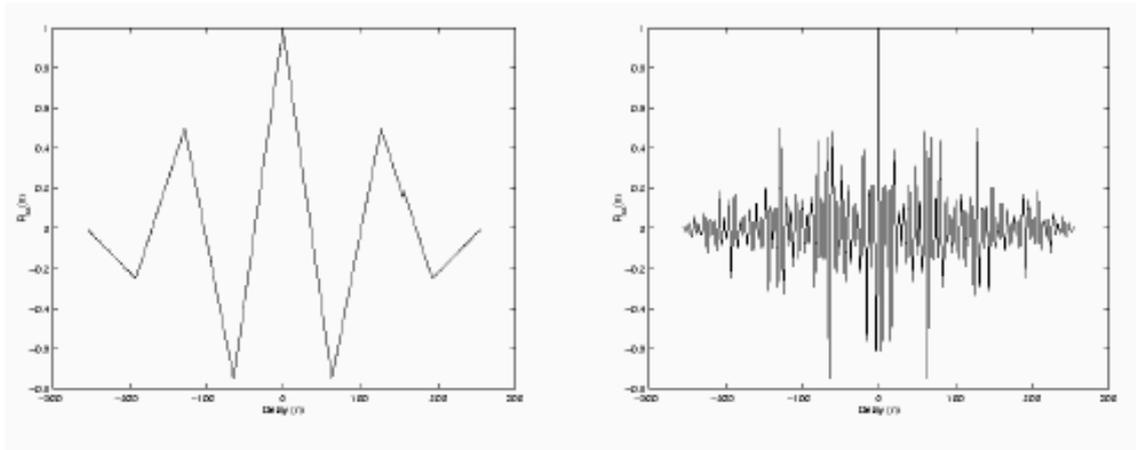
Σχήμα 4.5: Κώδικας-δέντρο για την παραγωγή των κωδικών OVSF

Κάθε επίπεδο στο δέντρο κώδικα καθορίζει τους διαδίδοντες κώδικες του μήκους SF, που αντιστοιχεί στο particular διαδίδοντα παράγοντας SF. Ο αριθμός κωδικών για έναν particular διαδίδοντα παράγοντα είναι ίσος με το διαδίδοντα παράγοντα. Όλοι οι κώδικες του ίδιου επιπέδου αποτελούν ένα σύνολο και είναι ορθογώνιοι ο ένας στον άλλον. Οποιοδήποτε δύο κώδικες των διαφορετικών επιπέδων είναι ορθογώνιοι ο ένας στον άλλο εφ' όσον ένας από αυτούς δεν είναι η μητέρα του άλλου κώδικα. Παραδείγματος χάριν οι κώδικες $c_{16}(2)$, $c_8(1)$ και $c_4(1)$ είναι όλοι κώδικες μητέρες $c_{32}(3)$ και ως εκ τούτου δεν είναι ορθογώνιοι με το $c_{32}(32)$. Κατά συνέπεια όλοι οι κώδικες μέσα στο δέντρο κώδικα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα από έναν κινητό σταθμό. Ένας κώδικας μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ένα MS εάν και μόνο εάν κανένας άλλος κώδικας στην πορεία από το συγκεκριμένο κώδικα στη ρίζα του δέντρου ή το sub-tree κάτω από το συγκεκριμένο κώδικα δεν χρησιμοποιείται από τα ίδια MS. Η μέθοδος παραγωγής του OVSF μπορεί να εξηγηθεί με τη βοήθεια των ακόλουθων matrix εξισώσεων :

$$\begin{aligned}
 & [c_1(1) = 1] \\
 & \begin{matrix} \bar{c}_2(1) \\ \bar{c}_2(2) \end{matrix} = \begin{matrix} \bar{c}_1(1) \\ \bar{c}_1(1) \end{matrix} \frac{c_1(1)}{c_1(1)} = \begin{matrix} 1 \\ -1 \end{matrix} \\
 & \begin{matrix} \bar{c}_4(1) \\ \bar{c}_4(2) \\ \bar{c}_4(3) \\ \bar{c}_4(4) \end{matrix} = \begin{matrix} \bar{c}_2(1) \\ \bar{c}_2(1) \\ \bar{c}_2(2) \\ \bar{c}_2(2) \end{matrix} \frac{c_2(1)}{c_2(1)} = \begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \end{matrix} \\
 & \cdot \\
 & \cdot \\
 & \begin{matrix} \bar{c}_N(1) \\ \bar{c}_N(2) \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{c}_N(N-1) \\ \bar{c}_N(N) \end{matrix} = \begin{matrix} \bar{c}_{N/2}(1) \\ \bar{c}_{N/2}(1) \\ \times \\ \times \\ \bar{c}_{N/2}(N/2) \\ \bar{c}_{N/2}(N/2) \end{matrix} \frac{c_{N/2}(1)}{c_{N/2}(1)} = \begin{matrix} 1 \\ 1 \\ \times \\ \times \\ c_{N/2}(N/2) \\ c_{N/2}(N) \end{matrix}
 \end{aligned}$$

Στην παραπάνω σημείωση μητρών, ένας φραγμός πλεονάσματος (bar indicates) δείχνει το δυαδικό συμπλήρωμα (e.g. $1 = -1$ και $-1 = 1$) και το N είναι μια ακέραια δύναμη του δύο.

Οι κώδικες OVVSF δεν έχουν μια ενιαία, στενή αιχμή αυτοσυσχέτισης όπως φαίνεται στο σχήμα 4.6. Κατά συνέπεια ένας κώδικας-συγχρονισμού μπορεί να γίνει δύσκολος. Οι κώδικες OVVSF εκθέτουν τέλειο ορθογωνισμό μόνο σε zero lag και even και αυτό δεν ισχύει για τη συσχέτιση partial sequence. Κατά συνέπεια το πλεονέκτημα στους κώδικες OVVSF χάνεται όταν δεν συγχρονίζονται όλοι οι χρήστες σε μια ενιαία χρονική βάση.



Σχήμα 4.6: Αυτοσυσχέτιση για δύο κώδικες OVSF SF=256

Ο πρώτος κώδικας οποιουδήποτε δέντρου κώδικα όπως περιγράφεται σε αυτό το τμήμα χρησιμοποιείται για να διαδώσει το DPCCH. Αυτό είναι μια ακολουθία όλων των 1 για οποιοδήποτε SF. Το πρώτο DPDCH διαδίδεται από τον κωδικό αριθμό $(SF/4+1)$ όπου SF είναι ο διαδίδοντας παράγοντας για το κανάλι δεδομένων. Όπως παραδείγματος χάριν, ο 5^{05} κώδικας χρησιμοποιείται για τη διάδοση του πρώτου DPDCH για έναν διαδίδοντας παράγοντα 16. Έτσι ο διαδίδοντας κώδικας για το πρώτο DPDCH είναι πάντα μια επανάληψη $(1, 1, -1, -1)$. Στη συνέχεια προστιθέμενα DPDCHs για τη μετάδοση του πολλαπλού κώδικα διαδίδονται από τους κώδικες στη διαταγή ανόδου (ascending order) που αρχίζει από τον κωδικό αριθμό 2 εξαιρέσει του κώδικα που χρησιμοποιείται για την πρώτη επιλογή κώδικα DPDCH. Με αυτόν τον τρόπο μαζί με την κατάλληλη επιλογή των αυξήσεων κώδικα scrambling και τη φασματική αποδοτικότητα με τον περιορισμό των διαγώνιων μεταβάσεων στον αστερισμό σημάτων. Αυτό οδηγεί επίσης στην αποδοτική χρήση του ενισχυτή δύναμης.

4.5 Uplink scrambling κώδικες

Το Uplink με τη βοήθεια scrambling κωδίκων διατηρεί το χωρισμό μεταξύ των διαφορετικών κινητών σταθμών. Είτε Short είτε long scrambling κώδικες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο uplink. Οι Short scrambling κώδικες συστήνονται για τους

σταθμούς βάσεων που εξοπλίζονται με προηγμένους δέκτες υιοθετώντας την πολλών χρηστών ανίχνευση ή την ακύρωση παρέμβασης. Στον προσομοιωτή χρησιμοποιούνται long scrambling κώδικες.

Οι scrambling κώδικες μπορούν να καθοριστούν με τη βοήθεια της ακόλουθης εξίσωση

$$C_{sc} = C_1(w_1 + jw_2C_2')$$
 (4.1)

Εδώ, C_1 είναι ένας πραγματικός κώδικας ποσοστού chip

C_2' είναι μια αποδεκατισμένη έκδοση ενός πραγματικού κώδικα chip C_2 .

Ο συνηθισμένος παράγοντας αποδεκατισμού είναι 2 έτσι ώστε,

$$C_2'(2k) = C_2'(2k+1) = C_2(2k)$$
 (4.2)

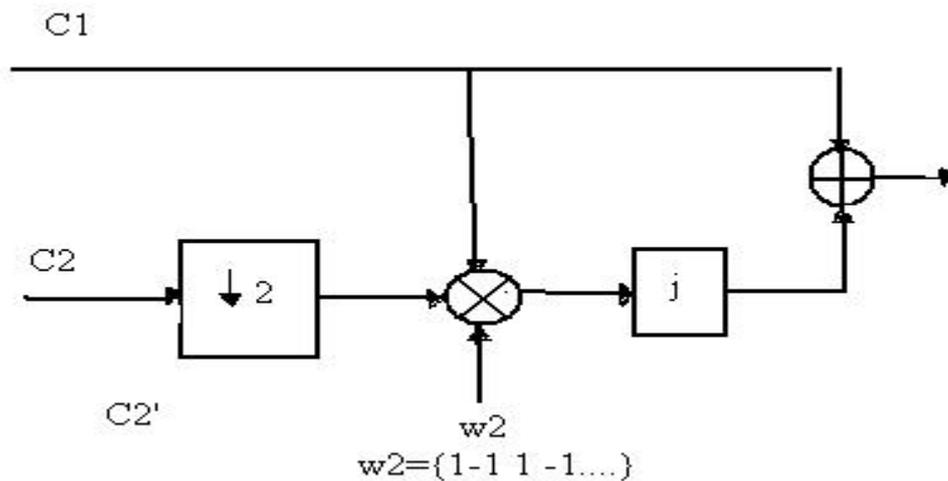
w_1 είναι μια επανάληψη $\{1,1\}$ στο ποσοστό chip

w_2 είναι μια επανάληψη $\{1,-1\}$ στο ποσοστό chip

Έτσι μπορούμε να γράψουμε

$$C_{sc} = C_1 + jw_2C_1C_2'$$
 (4.3)

Το ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζει την εφαρμογή της εξίσωσης (4.3). Όλες οι προσθήκες και πολλαπλασιασμοί εκτελέστηκαν μέσα σε modulo 2 αριθμητική.



Σχήμα 4.7: Παραγωγή των scrambling κωδίκων

Υπάρχουν δύο διαφορετικές επιλογές για την περίοδο των scrambling κωδίκων. Υποστηρίζεις ETSI μιας περιόδου 10 ms ή 1 πλαισίου όπου ως proposal calls ARIB για μια περίοδο 36864 ραδιο πλαισίων ή 29 super πλαισίων. Ακολουθήσαμε την πρόταση ETSI δεδομένου ότι καθιστά την εφαρμογή του προσομοιωτή ευκολότερη.

4.5.1 Uplink Long κώδικες scrambling

Οι Long κώδικες scrambling κατασκευάζονται όπως περιγράφονται στην παράγραφο 4.5. Το πραγματικό chip rate του κώδικα C1 και C2 είναι διαμορφωμένο ως θέση modulo 2 ποσό 38400 chip τμήμα δύο δυαδικών m ακολουθιών. Οι δυαδικές ακολουθίες m παράγονται από δύο πολυώνυμα γεννητριών του βαθμού 25. Αυτό εξηγείται λεπτομερώς παρακάτω.

Δύο δυαδικές ακολουθίες X και το Y που παράγονται χρησιμοποιώντας τα πολυώνυμα $X^{25}+X^3+X$ και γεννήτρια $X^{25}+X^3+X^2+X+1$ αντίστοιχα. Η προκύπτουσα ακολουθία αποτελεί τα τμήματα ενός συνόλου χρυσών ακολουθιών.

Θεωρούμαι $n_{23} \dots n_0$ να είναι η δυαδική αντιπροσώπευση 24 bits του scrambling κωδικού αριθμού n (δεκαδικός). Στη δυαδική αντιπροσώπευση, n_0 είναι το

λιγότερο σημαντικό bits (LSB). Η ακολουθία x εξαρτάται από την επιλογή του scrambling κωδικού αριθμού και το θέτουμε ως x_n . Επιπλέον, το $x_n(i)$ και το $y(i)$ δείχνουν το σύμβολο i^{th} των ακολουθιών x_n και του y αντίστοιχα. Οι ακολουθίες m κατασκευάζονται παρακάτω.

Οι αρχικοί όροι είναι:

$$\begin{aligned} x_n(0) = n_0, x_n(1) = n_1, \dots, x_n(22) = n_{22}, x_n(23) = n_{23}, x_n(24) = 1 \\ y(0) = y(1) = \dots, y(23) = y(24) = 1 \end{aligned} \quad (4.4)$$

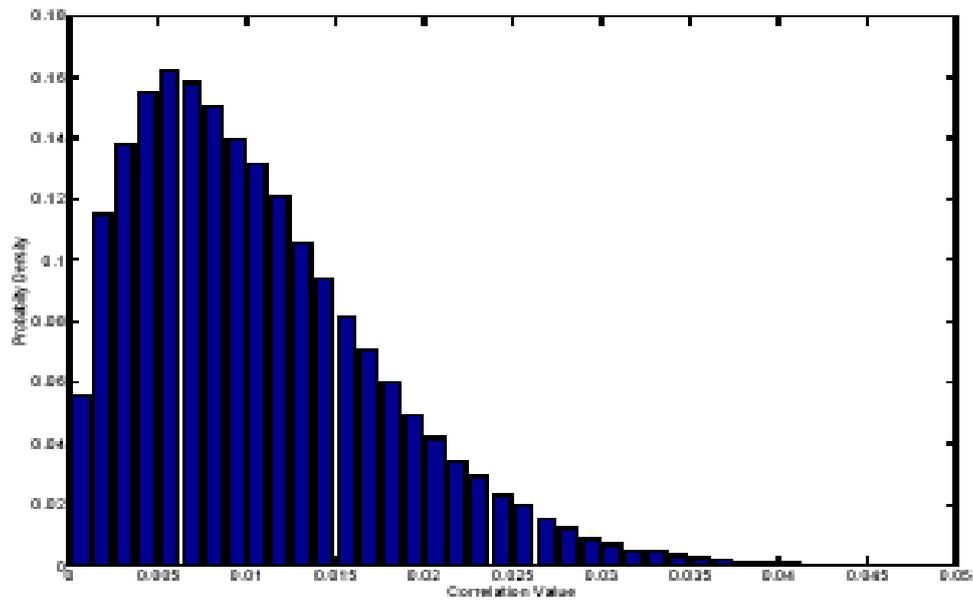
Κατόπιν τα επόμενα σύμβολα παράγονται κατ' επανάληψη σύμφωνα με:

$$\begin{aligned} x_n(i+25) = \langle x_n(i+3) + x_n(i) \rangle_{\text{mod } 2}, i = 0, 1, \dots, 2^{25} - 27 \\ y(i+25) = \langle y(i+3) + y(i+2) + y(i+1) + y(i) \rangle_{\text{mod } 2}, i = 0, 1, \dots, 2^{25} - 27 \end{aligned} \quad (4.5)$$

Ο πραγματικός κώδικας ποσοστού chip $C_{1,n}$ και $C_{2,n}$ για τον ένατο scrambling κώδικα ορίζεται ως εξής

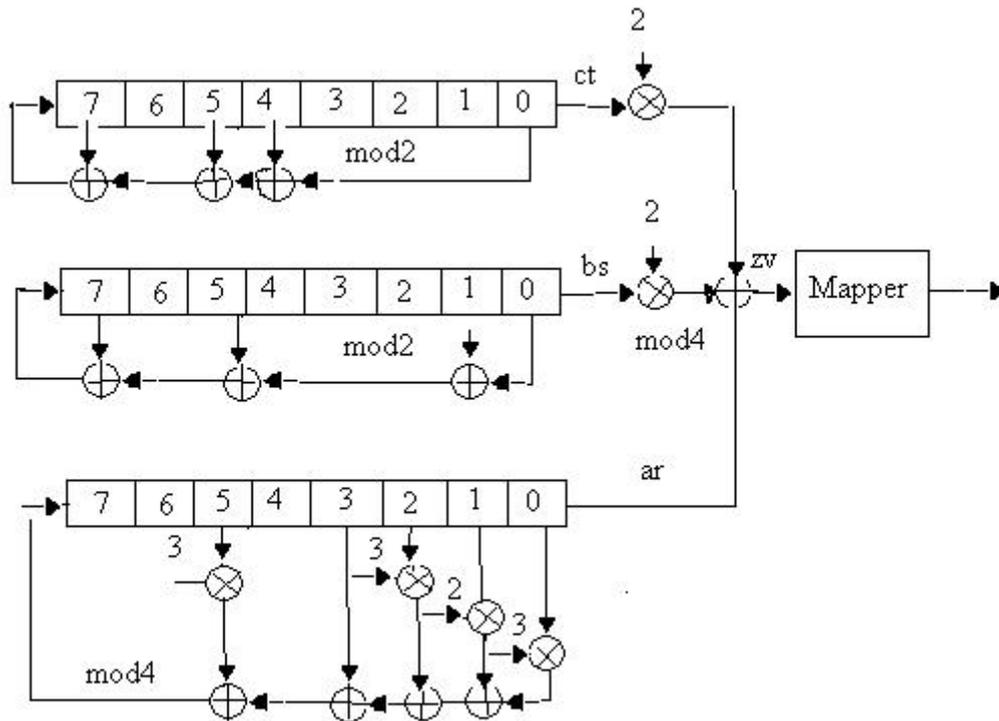
$$\begin{aligned} C_{1,n} = \left\{ \langle x_n(0) + y(0) \rangle_{\text{mod } 2}, \langle x_n(1) + y(1) \rangle_{\text{mod } 2}, \dots, \langle x_n(N-1) + y(N-1) \rangle_{\text{mod } 2} \right\} \\ C_{2,n} = \left\{ \begin{array}{l} \langle x_n(M) \rangle_{\text{mod } 2} \\ + y(M) \end{array} \right\}_{\text{mod } 2}, \left\{ \begin{array}{l} \langle x_n(M+1) \rangle_{\text{mod } 2} \\ + y(M+1) \end{array} \right\}_{\text{mod } 2}, \dots, \left\{ \begin{array}{l} \langle x_n(M+N-1) \rangle_{\text{mod } 2} \\ + y(M+N-1) \end{array} \right\}_{\text{mod } 2} \end{array} \quad (4.6)$$

Οι scrambling κώδικες σχεδιάζονται έτσι ώστε έχουν πολύ χαμηλή συσχέτιση μεταξύ τους. Αυτό εξασφαλίζει καλή πολλαπλάσια ικανότητα Multiple Access Interference (mai). Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει ένα ιστόγραμμα των τιμών συσχέτισης για δύο Long scrambling κώδικες.



Σχήμα 4.9 Ιστόγραμμα της συσχέτισης των Long κωδίκων ανακατώματος

4.5.2 Uplink short κώδικες scrambling



Σχήμα 4.10: Uplink short γεννήτρια κώδικα scrambling

Οι short κώδικες ανακατώματος παράγονται με τον ίδιο τρόπο όπως περιγράφονται στην παράγραφο 4.5. Εδώ τα πραγματικά και φανταστικά μέρη των σύνθετων διαδίδοντας κωδίκων, C_1 και C_2 αντίστοιχα, λαμβάνονται από μια οικογένεια των περιοδικά εκτεταμένων $S(2)$ κωδίκων. Οι uplink short κώδικες $S_V(n)$, $n = 0, 1, \dots, 255$, του μήκους 256 τα chips λαμβάνονται ως μια περιοδική επέκταση chips $S(2)$ ακολουθιών μήκους 255. Έτσι $S_V(0) = S_V(255)$. Το σχήμα 4.10 παρουσιάζει την παραγωγή uplink σύντομοι κώδικες ανακατώματος.

Η τεσσάρων καταστάσεων ακολουθία $z_v(n)$, $0 < n < 256$, του μήκους 255 παράγεται από modulo 4 άθροισμα τεσσάρων καταστάσεων ακολουθία ένος $a_r(v)$ και δύο δυαδικές ακολουθίες $b_s(v)$ και $c_t(v)$, δηλ.

$$z_n(n) = \langle a_r(n) + 2b_s(n) + 2c_t(n) \rangle_{\text{mod } 4} \quad n = 0, 1, \dots, 254 \quad (4.7)$$

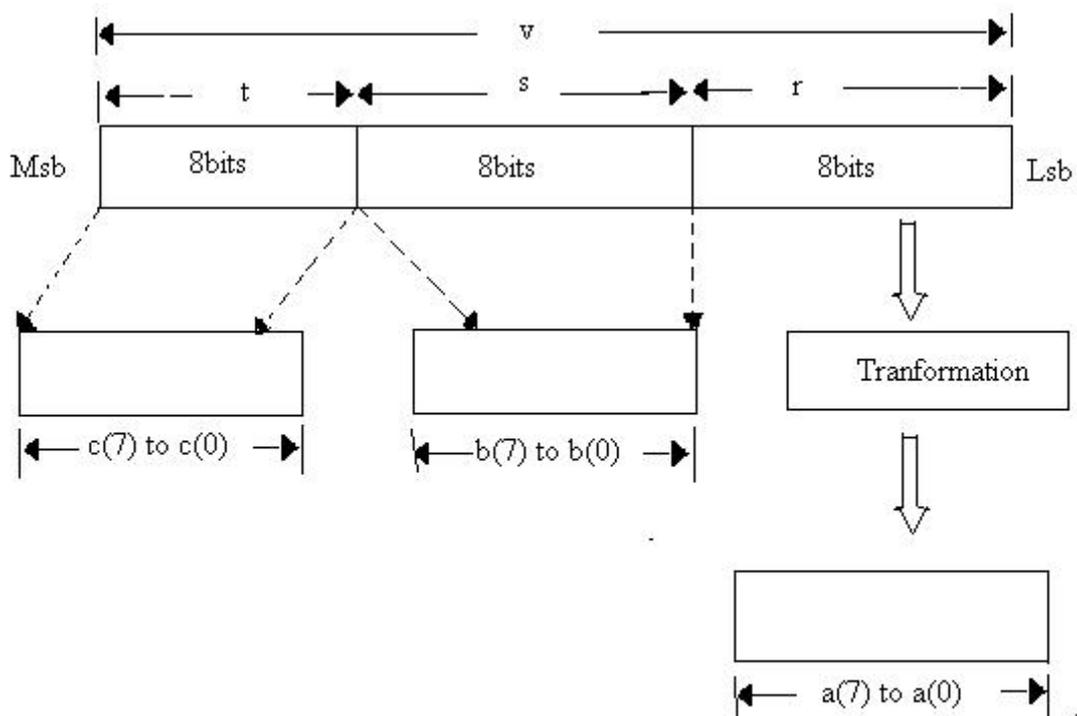
Ο δείκτης v χρηστών καθορίζει τους δείκτες r , s και t με τον ακόλουθο τρόπο

$$v = r + 2^8 \cdot s + 2^{16} \cdot t \quad (4.8)$$

$$r = 0, 1, \dots, 254$$

$$s = 0, 1, \dots, 254$$

$$t = 0, 1, \dots, 254$$



Σχήμα 4.11: Αρχικοί όροι στους καταλόγους μετατόπισης

Οι τιμές των δεικτών s και t μετατρέπονται σε 8-bits δυαδικό και χρησιμοποιούνται ως αρχικά στους αντίστοιχους καταλόγους. Η αξία του δείκτη r μετασχηματίζεται σε μια 8-bits λέξη πριν χρησιμοποιηθεί ως αρχικό κράτος στη γεννήτρια. Ο μετασχηματισμός δίνεται από:

$$a_r(0) = \langle 2v_r(0) + 1 \rangle_{\text{mod}4}$$

(4.9)

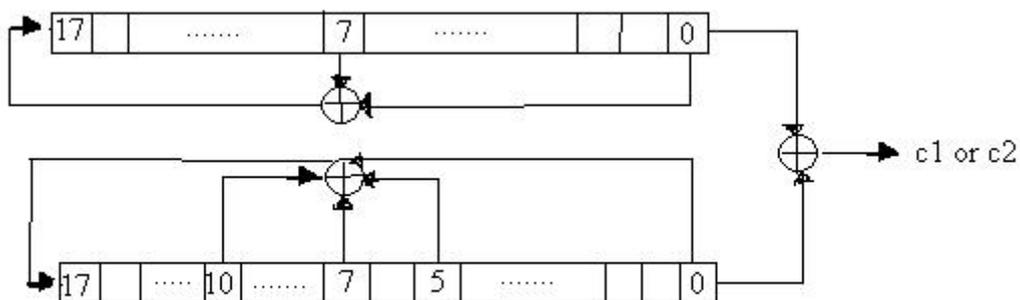
$$a_r(n) = \langle 2v_r(n) \rangle_{\text{mod } 4} \quad n = 1, 2, \dots, 7 \quad (4.10)$$

Το σχήμα 4.11 παρουσιάζει αρχικούς όρους στους καταλόγους μετατόπισης.

4.6 Κώδικες scrambling Downlink συνδέσεων

Οι κώδικες scrambling Downlink συνδέσεων χρησιμοποιούνται για να διατηρήσουν το κύτταρο. Ο συνολικός αριθμός διαθέσιμων κωδίκων scrambling είναι 512. Αυτοί οι κώδικες διαιρούνται σε 32 ομάδες κώδικα με 16 κώδικες σε κάθε ομάδα. Η ομαδοποίηση γίνεται για να διευκολύνει τη γρήγορη αναζήτηση cell από το κινητό. Διάφοροι κώδικες scrambling που ορίζονται σε ένα cell για τις προσαρμοστικές κεραίες περίπτωσης χρησιμοποιήθηκαν για να αυξήσουν την ικανότητα.

Οι κώδικες scrambling Downlink συνδέσεων παράγονται με τον ίδιο τρόπο όπως οι uplink κώδικες scrambling. Εντούτοις τα πολυώνυμα γεννητριών είναι διαφορετικά. Όπως παραδείγματος χάριν ακολουθία X (παρόμοια με αυτήν uplink) κατασκευάζεται χρησιμοποιώντας το πολυώνυμο $1+X^7+X^{18}$ και η ακολουθία Y κατασκευάζεται από $1 + X^5 + X^7 + X^{10} + X^{18}$. Το σχήμα 4.12 παρουσιάζει η παραγωγή των κωδίκων ανακατώματος κατιουσών συνδέσεων:



Σχήμα 4.12: Παραγωγή των κωδίκων scrambling Downlink συνδέσεων

4.7 Περίληψη της διαμόρφωσης WCDMA

Μπορούμε να συνοψίσουμε σχετικά με τη διαμόρφωση που εφαρμόζεται στο WCDMA στον ακόλουθο πίνακα.

Spreading Modulation	Dual Channel QPSK for UL Balanced QPSK for DL
Data Modulation	BPSK for UL QPSK for DL
Spreading	OVSF codes 4-256 spreading factor for UL 4-512 spreading factor for DL
Scrambling	Complex Scrambling
Frame Length	10ms
Chip RatePulse	3.84 Mcps
Pulse Shaping	Raised Cosine With 0.22 roll off

Πίνακας 4.2 Παράμετροι της διαμόρφωσης WCDMA

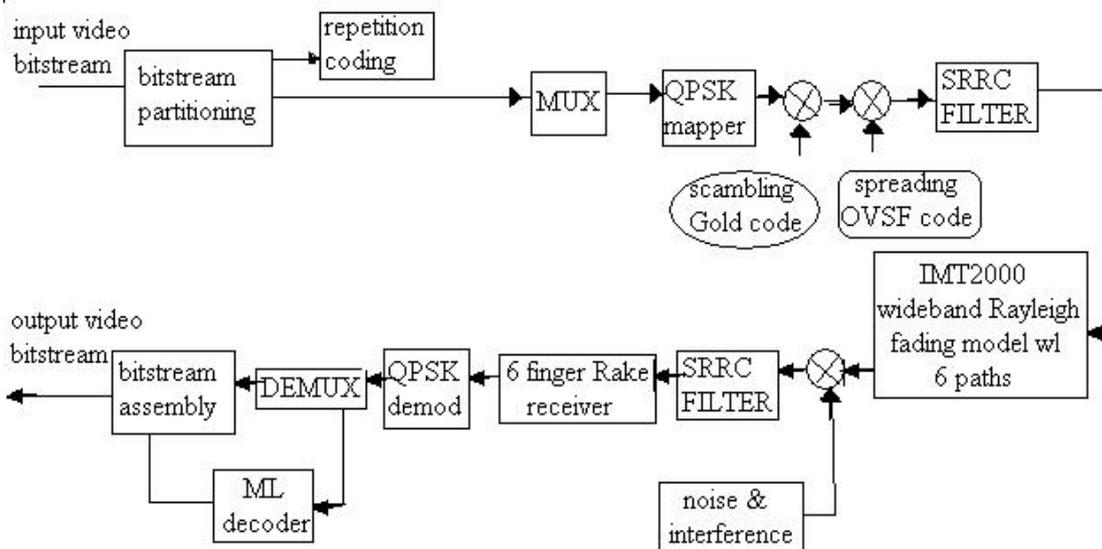
Κεφάλαιο 5 Περιγραφή προσομοιωτή

- Πρότυπο προσομοιωτή
- Περιγραφή προσομοιωτή
- Διαδικασία αποκωδικοποίησης

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται τα χαρακτηριστικά WCDMA Συστημάτων. Παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας του, και περιγράφονται τα επιμέρους μέρη του. Ακόμη, γίνεται περιγραφή της διαδικασίας αποκωδικοποίησης του σήματος .

5.1 Πρότυπο προσομοιωτή

Το Σχήμα 5.1 παρουσιάζει το πρότυπο συστημά για το W-CDMA μοντέλο προσομοίωσης μετάδοσης, από το 3GPP κανάλι συνδέσεων FDD. Το τηλεοπτικό σήμα, μετά από την κωδικοποίηση, χωρίζεται σε δύο χωριστά bits stream. Το πρώτο stream, που περιέχει τον έλεγχο και τις πληροφορίες επιγραφών, είναι κανάλι που κωδικοποιείται και χρησιμοποιεί ένα απλό επαναληπτικό σχέδιο όπου κάθε κομμάτι επαναλαμβάνεται τρεις φορές. Το δεύτερο stream περνάει χωρίς κωδικοποίηση, πολλαπλασιάζεται με το κωδικοποιημένο stream. Τα δεδομένα στέλνονται έπειτα πέρα από το 3GPP φυσικό στρώμα, όπου τα προκύπτοντα bits χαρτογραφούνται αρχικά επάνω σε ένα σήμα QPSK, διαδίδονται χρησιμοποιώντας ένα κώδικα OVSF, και περιπλέκονται χρησιμοποιώντας έναν χρυσό κώδικα. Το προκύπτον σύνθετο σήμα ζωνών βάσης διαβιβάζεται στη συνέχεια σε ένα φίλτρο SRRC. Ο παράγοντας μείωσης του φίλτρου SRRC είναι 0,22, όπως διευκρινίζεται για 3GPP. Το φιλτραρισμένο σήμα στέλνεται έπειτα μέσω ενός ευρείας ζώνης εξασθενίζοντα καναλιού με έξι πορείες, σύμφωνα με την προδιαγραφή IMT2000. Ο θόρυβος και η παρέμβαση προστίθενται έπειτα. Ο θόρυβος και η παρέμβαση έχουν διαμορφωθεί ως πρόσθετος γκαουσιανός θόρυβος (AWGN). Το σήμα στέλνεται έπειτα στο φίλτρο SRRC του δέκτη, και έπειτα σε έναν δέκτη έξι δάχτυλων όπου τα σήματα και στις έξι πορείες επιλέγονται και συνδυάζονται με συνοχή. Το συνδυασμένο σήμα στέλνεται έπειτα για την αποδιαμόρφωση QPSK. Τέλος, τα προκύπτοντα bits αποδιαυλώνονται σε δύο ρεύματα. Τα bits που αντιστοιχούν στο κωδικοποιημένο επανάληψης ρεύμα από την πλευρά μετάδοσης στέλνονται σε έναν αποκωδικοποιητή λογικής (ML) πλειοψηφίας. Η παραγωγή του αποκωδικοποιητή στέλνεται για την επανασυναρμολόγηση των σημάτων bits. Τα bits που αντιστοιχούν μη κωδικοποιημένο ρεύμα περνούν άμεσα για την επανασυναρμολόγηση των ρευμάτων bits. Το συγκεντρωμένο εκ νέου ρεύμα στέλνεται έπειτα στον τηλεοπτικό αποκωδικοποιητή πηγής για να αναδημιουργήσει το τηλεοπτικό σήμα.



Σχήμα 5.1 W-CDMA μοντέλο προσομοίωσης

5.2 Προσομοιωτής

Ο προσομοιωτής αποτελείται από δύο σημαντικές υποενότητες:

- Uplink προσομοιωτής
- Downlink προσομοιωτής

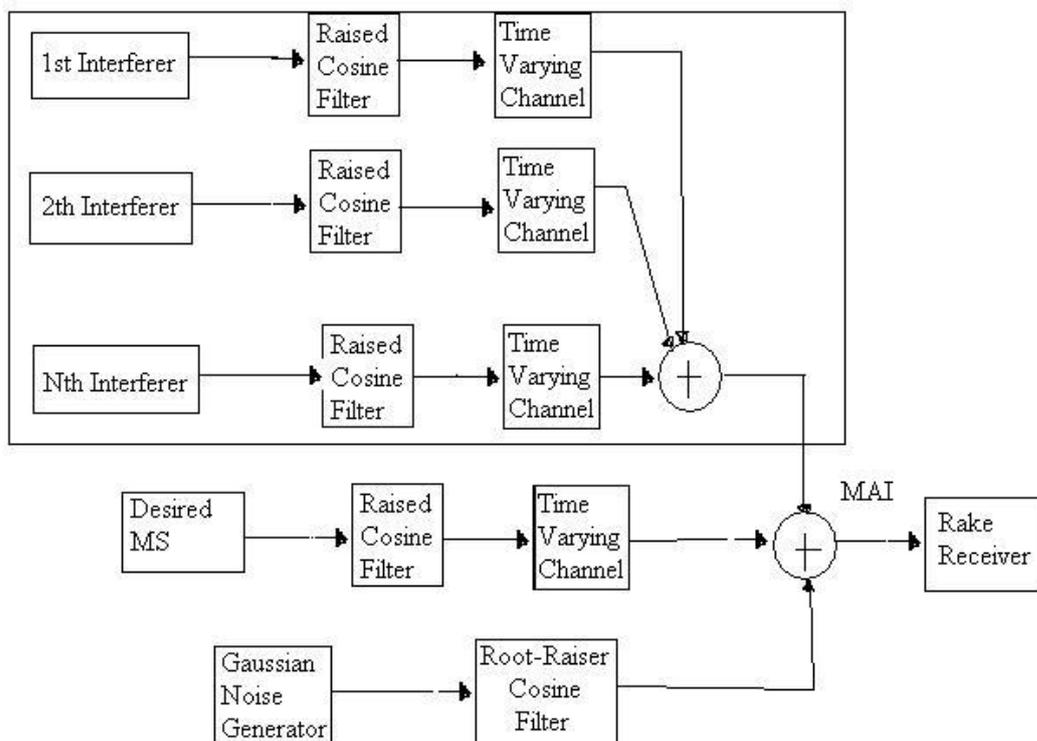
Όπως τα ονόματά τους δείχνουν, αυτές οι δύο υποενότητες εφαρμόζουν uplink και Downlink σύνδεση του προσομοιωτή αντίστοιχα. Οι σημαντικότερες διαφορές μεταξύ τους είναι:

1. Δομή πλαισίων
2. Ο τρόπος που η παρέμβαση (mai) προστίθεται στο σήμα του επιθυμητού χρήστη

Αυτές οι διαφορές θα γίνουν εμφανείς δεδομένου ότι περιγράφουμε τον προσομοιωτή παρακάτω όπου γίνεται μια λεπτομερή περιγραφή του WCDMA.

5.3 Uplink προσομοιωτής

Στο Uplink, ο δέκτης σταθμού βάσης λαμβάνει τα σήματα από τον κινητό σταθμό και τις συσκευές αποστολής σημάτων και τους αποδιαμορφώνει. Τα σήματα από τα διαφορετικά MS ακολουθούν τα διαφορετικά κανάλια για να φθάσουν στο σταθμό βάσεων. Το διάγραμμα του uplink προσομοιωτή παρουσιάζεται στο σχήμα 5.2.

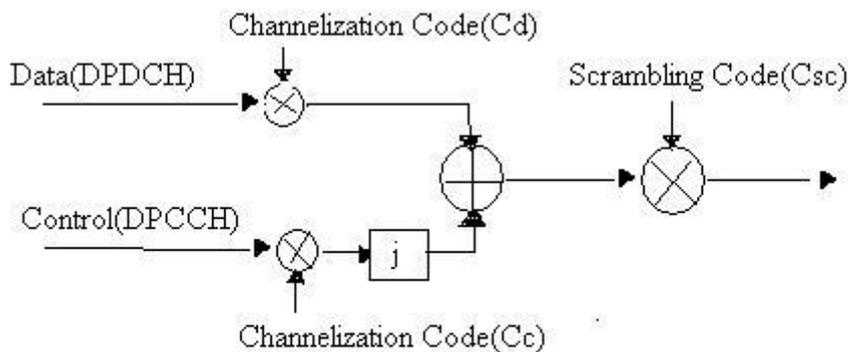


Σχήμα 5.2 Uplink προσομοιωτής

Οι ακόλουθες υποενότητες περιγράφουν κάθε block του uplink προσομοιωτή.

5.3.1 Desired MS

Το Desired MS είναι ένα αφιερωμένο κανάλι ελέγχου και μια εφαρμογή δεδομένων όπως φαίνεται στο σχήμα 5.3.



Σχήμα 5.3 Desired MS

5.3.2 Multiple Access Interference

Μαί εφαρμόζεται για να παραγάγει τα σήματα για έναν αριθμό MS παρεμβαίνοντας μέσα στο σύστημα. Κάθε παρεμβαίνοντας χρήστης έχει το κανάλι ελέγχου και μια εφαρμογή δεδομένων. Κάθε ένας από τους παρεμβαίνοντα κινητούς σταθμούς παράγει το διαβιβασθέν πλαίσió του με τον ίδιο τρόπο με τον επιθυμητό χρήστη. Εντούτοις αυτά τα πλαίσια δεν ευθυγραμμίζονται εγκαίρως το ένα με το άλλο ή με το επιθυμητό MS. Το μέγιστο που αντισταθμίζεται μεταξύ των πλαισίων ενός παρεμβαίνοντας χρήστη και του επιθυμητού χρήστη μπορεί να υπολογιστεί με τον ακόλουθο τρόπο: Θεωρούμε την ακτίνα κυττάρων να είναι D χλμ. Το μέγιστο offset μεταξύ των πλαισίων ενός χρήστη και μιας παρέμβασης που είναι ο χρόνος που

λαμβάνεται από το σήμα για να κάνει ένα στρογγυλό ταξίδι $D+D = 2D$ χλμ. Αυτή η περίοδος δίνεται από τον παρακάτω τύπο

$$t_{offset} = \frac{2D}{c} \quad (5.1)$$

Εδώ το c είναι η ταχύτητα του φωτός. Εάν υποθέτουμε μια ακτίνα cell 20 χλμ παίρνουμε

$$t_{offset} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^8} = \frac{4}{3} \cdot 10^{-4} Sec \quad (5.2)$$

Δεδομένου ότι έχουμε ένα chips rate 3,84 Mcps, το μέγιστο όφσσετ αντιστοιχεί

$$\frac{4}{3} \cdot 10^{-4} \cdot 3.84 \cdot 10^6 = 512 \quad (5.3)$$

Αυτά τα ασύγχρονα διαβιβασθέντα πλαίσια φθάνουν στο σταθμό βάσης μέσω διαφορετικών κανάλιων πολλαπλών διαδρομών και αποτελούν *multi-paths*.

5.3.3 Κανάλι μεταβαλλόμενου χρονισμού

Ο ρυθμός μετάδοσης του σήματος WCDMA είναι 3,84 Mcps. Ο μέσος πλάτους παλμός σημαίνει ότι τα *multi-paths* θα επιλύονταν τις περισσότερες φορές και το διαβιβασθέν σήμα θα αντιμετωπίσει την εκλεκτική εξασθένιση συχνότητας. Τρεις διαφορετικοί τύποι του καναλιού μεταβαλλόμενου χρονισμού είναι υιοθετημένοι στον προσομοιωτή. Είναι:

1. Indoor channel
2. Indoor to Outdoor channel
3. Vehicular A Outdoor channel

Εντούτοις, διαφορετικά πρότυπα καναλιών όπως το COST 207 ή απλά δύο Ray Model μπορεί επίσης να ενσωματωθούν εύκολα με τον προσομοιωτή.

Κάθε ένα από τα τρία κανάλια που χρησιμοποιούνται στον προσομοιωτή αντιστοιχεί σε διαφορετικό περιβάλλον, τα πολλαπλών διαδρομών σχεδιαγράμματα των καναλιών που παρουσιάζονται μετά από τους πίνακες περιέχουν μια σειρά specular συστατικών με τις σχετικές καθυστερήσεις και τα εύρη που υποδεικνύονται.

Relativ	Avg.Power
0	0
50	-3
110	-10
170	-18
290	-26
310	-32

Πίνακας 3.1a Indoor Channel Power Delay Profile

Relative Delay	Avg.Power
0	0
110	-9.7
190	-19.2
410	-22.8

Πίνακας 3.1b Indoor to Outdoor Channel Power Delay Profile

Relative	Avg.Power
0	0
310	-1
710	-9
1090	-10
1730	-15
2510	-20

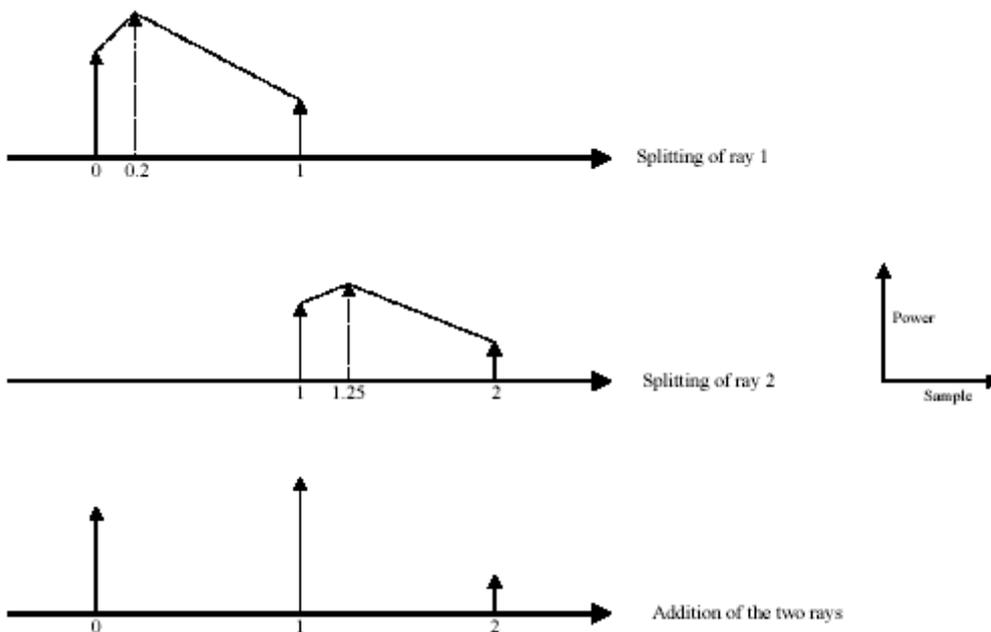
Table 5.1c Vehicular A Outdoor Channel Power Delay Profile

Όλες οι καθυστερήσεις στους πίνακες μετριοούνται στα nano-secs και η δύναμη παρουσιάζεται στη DB κλίμακα. Το κανάλι A έχει μια κινητή ταχύτητα 120 χλμ ανά ώρα που συνδέονται με δύο κανάλια αντίστοιχα σε ένα ταχύτητα 5 χλμ ανά ώρα. Μια κινητή ταχύτητα 120km/h αντιστοιχεί σε ένα Doppler που διαδίδεται 223 Hz για έναν

μεταφορέα η συχνότητα 2 GHz είναι πολύ μικρή έναντι του εύρους ζώνης του σήματος ζωνών βάσης και αντιπροσωπεύει ένα σχετικά αργό εξασθενίζοντας περιβάλλον.

Τα σχεδιαγράμματα καναλιών πολλαπλών διαδρομών μετατρέπονται στο χρονικό ψήφισμα της προσομοίωσης με τον ακόλουθο τρόπο:

Κάθε ακτίνα είναι χωρισμένη σε δύο ακτίνες, μια στο δείγμα αριστερά και μια στο δείγμα δεξιά. Η δύναμη αυτών των νέων ακτίνων είναι τέτοια που το ποσό είναι ίσο με την αρχική δύναμη, και η δύναμη σε κάθε μια από τις νέες ακτίνες είναι αντιστρόφως ανάλογη προς την απόσταση της αρχικής ακτίνας. Η δύναμη όλων των ακτίνων σε ένα δείγμα προστίθεται και ομαλοποιείται. Αυτό καταδεικνύεται γραφικά στο σχήμα 5.4.

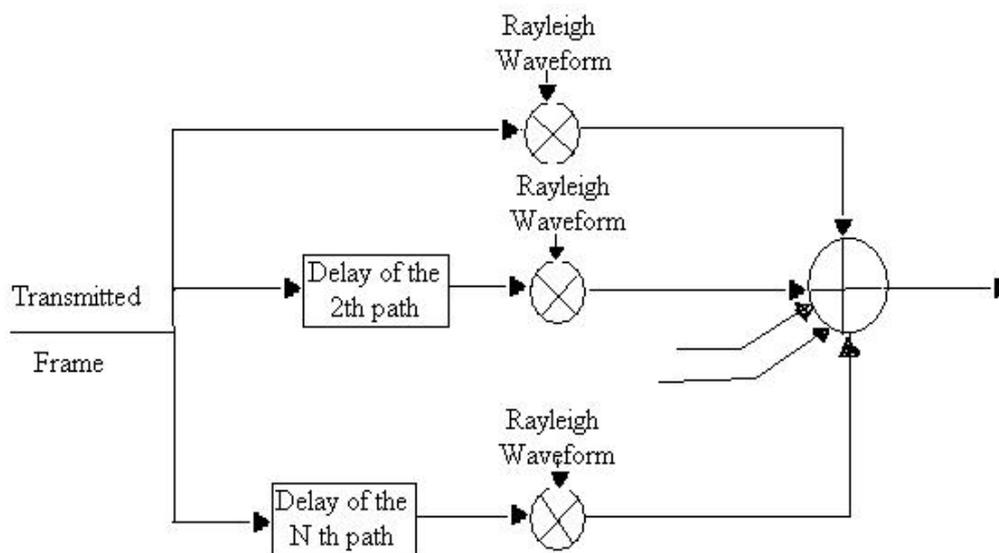


Σχήμα 5.4 Equivalent Channel Model

Ο ιδανικός τρόπος να μετατραπούν τα πολλαπλών διαδρομών σχεδιαγράμματα στο χρονικό ψήφισμα της προσομοίωσης είναι να εκτελέσει μια interpolation παρεμβολή με $\sin(\chi)/\chi$ function (sinc) (i.e. Employing an ideal brick-wall low pass filter). Αλλά σε αυτήν την περίπτωση, θα έχουμε ένα σχεδιάγραμμα καναλιών με έναν μεγάλο αριθμό πολλαπλών διαδρομών συστατικά. Δεδομένου ότι κάθε μια από τις

πορείες είναι χωριστά Raleigh που εξασθενίζεται, αυτό θα αυξήσει το χρόνο τρεξίματος της προσομοίωσης σημαντικά. Με την απλή μέθοδο παρεμβολής που υιοθετείται στον προσομοιωτή, έχουμε έναν μικρό αριθμό διαφορετικών από το μηδέν συστατικών στο αναδημιουργημένο πολλαπλών διαδρομών σχεδιάγραμμα. Υπάρχει μια απώλεια πληροφοριών στη διαδικασία παρεμβολής. Αλλά εάν το ποσοστό δειγματοληψίας είναι αρκετά υψηλό (4 δείγματα ανά τσιπ και ανωτέρω) η απάντηση καναλιών ακολουθεί αυτής του αρχικού καναλιού, πολύ κοντά στη ζώνη συχνότητας ενδιαφέροντος.

Τα κανάλια που χρησιμοποιούνται στον προσομοιωτή είναι διάφορα φίλτρα χρονικά γραμμικά. Το σχήμα 5.5 παρουσιάζει διάγραμμα του Καναλιού μεταβαλλόμενου χρονισμού.

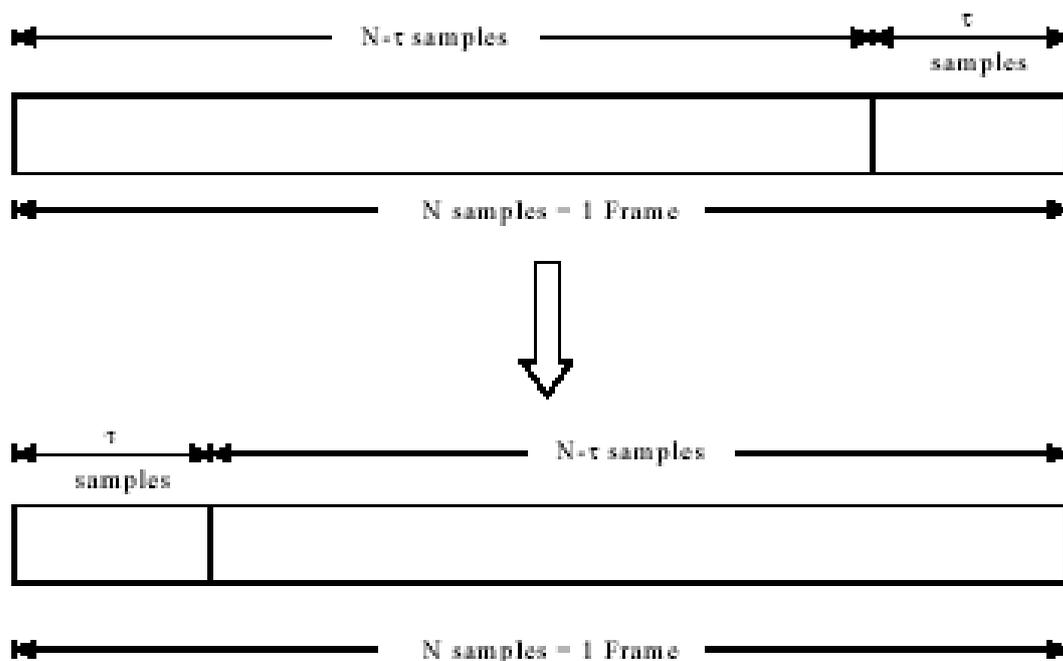


Σχήμα 5.5 Κανάλι μεταβαλλόμενου χρονισμού

Οι καθυστερήσεις εφαρμόζονται για να μεταχειριστούν κάθε διαβιβασθέντα block data (ένα πλαίσιο 10 ms για τον προσομοιωτή) σε μια κυκλική τροχιά. Για να εφαρμόσουν μια καθυστέρηση t των δειγμάτων, το τελευταίο t δείγμα ενός διαβιβασθέντος πλαισίου δεν λαμβάνεται. Αυτός ο φραγμός t των δειγμάτων

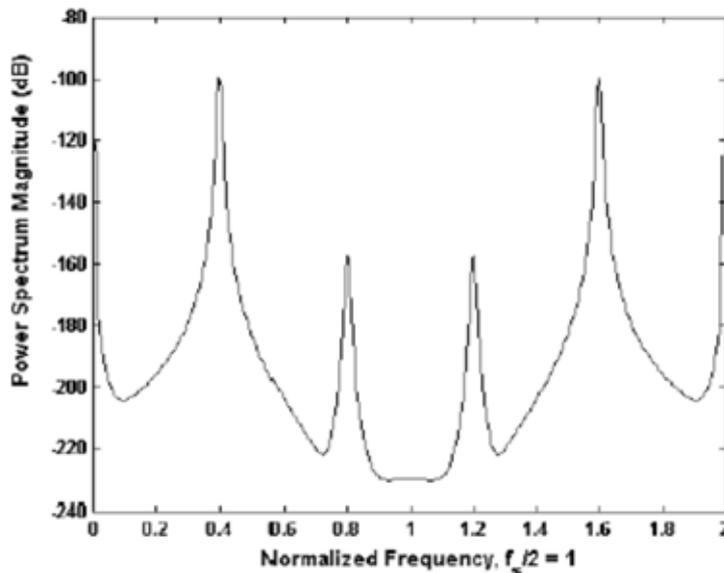
προστίθεται έπειτα στην αρχή του περικομμένου διαβιβασθέντος data block. Αυτό παρουσιάζεται στο σχήμα 5.6.

Το κυματοειδές Rayleigh παράγεται χρησιμοποιώντας το πρότυπο Clarke. Τα σύνθετα κανονικά δείγματα θορύβου, που είναι ασύνδετα στη χρονική περιοχή, περνούν μέσω ενός Doppler φίλτρο. Αυτό το φίλτρο Doppler μεταδίδει το συσχετισμό στα δείγματα χρονικών περιοχών σύμφωνα με το Doppler που διαδίδεται. Το Doppler που διαδίδεται είναι μια λειτουργία κινητής ταχύτητας. Το κυματοειδές που βγαίνει από την πρότυπη γεννήτρια κυματοειδούς του Clarke έχει μια διανομή εύρους Rayleigh και μια ομοιόμορφη διανομή φάσης μεταξύ $[0, 2\pi]$. Πολλαπλασιάζουμε το κυματοειδές με το εύρος της αντίστοιχης πορείας και χρησιμοποιείται ως κυματοειδές Rayleigh στο Time Varying Channel του σχήματος 5.5



Σχήμα 5.6 Implementation of Delay of

□ 71|B EAH



Σχήμα 5.7 Interpolation Noise in the Rayleigh Waveform

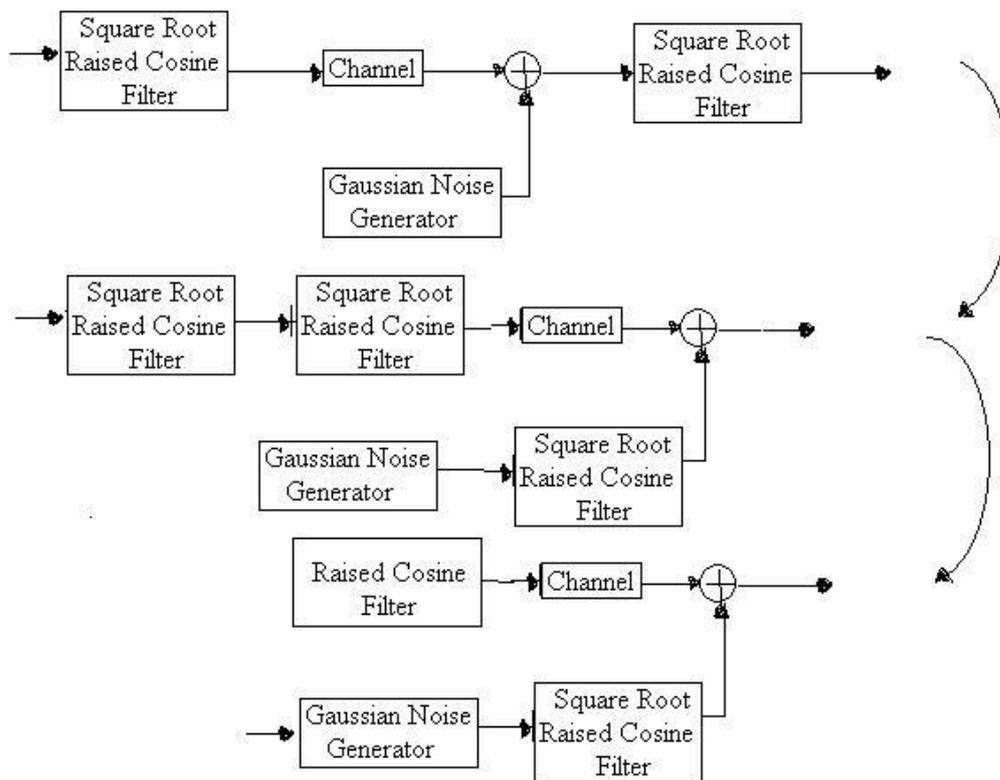
Το κυματοειδές Rayleigh παράγεται σε ένα ποσοστό δειγματοληψίας ίσο με το ρυθμό μετάδοσης. Τα δείγματα για το υψηλότερο ποσοστό δειγματοληψίας κατασκευάζονται από την παρεμβολή. Αυτό μειώνει το χρόνο προσομοίωσης σημαντικά εις βάρος μιας έγχυσης ενός μικρού ποσού θορύβου. Ο θόρυβος που παράγεται ως αποτέλεσμα της παρεμβολής του κυματοειδούς Rayleigh είναι ασήμαντος όπως φαίνεται στο σχήμα 5.7. Το κυματοειδές Rayleigh μπορεί να παραχθεί στο ποσοστό συμβόλων παρά στο ποσοστό τσιπ. Αυτό μειώνει το χρόνο τρεξίματος προσομοίωσης. Ακόμη και για ένα σχετικά μεγάλο Doppler που διαδίδεται 223 Hz που αντιστοιχεί σε μια κινητή ταχύτητα 120 km/h, ο θόρυβος παρεμβολής παραμένει κάτω από -30 DB για την περίπτωση ενός παράγοντα δειγματοληψίας 8 και ενός διαδίδοντας παράγοντα 256.

5.3.4 Προσθήκη του θορύβου

Ο πρόσθετος γκαουσιανός θόρυβος (AWGN) που προστίθεται στο μπροστινό τέλος του δέκτη είναι παραγμένος από μια γκαουσιανή τυχαία γεννήτρια αριθμών. Η διαφορά της διανομής θορύβου εξαρτάται από την αναλογία σήματος/θορύβου (SNR) ή E_b / N_0 στο μπροστινό τέλος δεκτών. Ο θόρυβος είναι επίσης μια λειτουργία του διαδίδοντας παράγοντα, του εύρους σημάτων.

5.3.5 Διαμόρφωση παλμού

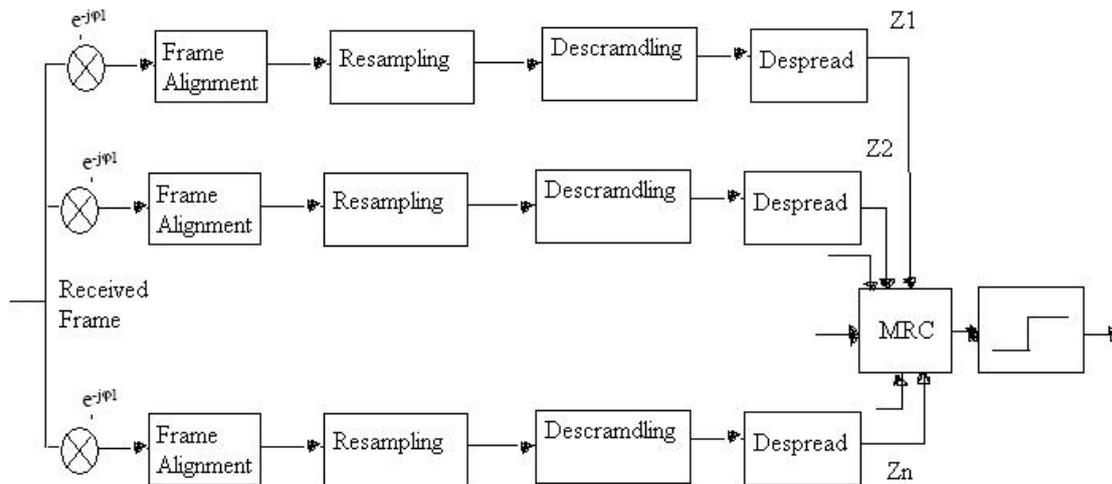
Τα δεδομένα είναι παλμοί που διαμορφώνεται μέσω ενός φίλτρου τετραγωνικής ρίζας υψωμένου συνημιτόνου (Root RC) στη συσκευή αποστολής σημάτων. Ο δέκτης στο σταθμό βάσεων έχει ένα φίλτρο και αντιστοιχεί το σφυγμό που διαμορφώνει το φίλτρο στη συσκευή αποστολής σημάτων. Και τα δύο αυτά φίλτρα έχουν μια μείωση 0,22. Στον προσομοιωτή η συσκευή αποστολής σημάτων και ο δέκτης φίλτρο είναι σε σειρά και αυτός αποτελεί ένα Raised Cosine (RC) filter. Το θόρυβο πρέπει να περάσουν μέσω ενός φίλτρου ρίζας RC προτού να προστεθεί στο λαμβανόμενο πλαίσιο. Αυτή η αναδιοργάνωση παρουσιάζεται στο σχήμα 5.8.



Σχήμα 5.8: Εφαρμογή της διαμόρφωσης παλμού και του γκαουσιανού θορύβου

5.3.6 Rake Receiver

Οι πολλαπλές διαδρομές επιλύονται για το σύστημα WCDMA λόγω του μεγάλου εύρους ζώνης. Ο Rake receiver χρησιμοποιείται για να εκμεταλλευτεί την επακόλουθη χρονική ποικιλομορφία. Ο αριθμός προεπιλογής δάχτυλων στο δέκτη σταθμών βάσεων είναι τέσσερα. Εντούτοις οποιοσδήποτε αριθμός δάχτυλου μεταξύ τριών και έξι μπορεί να επιλεγεί. Η απλή περίπτωση ενός δάχτυλου παρέχεται επίσης ως επιλογή. Το διάγραμμα που παρουσιάζεται στο σχήμα 5.9 εξηγεί την εφαρμογή του Rake receiver. Υποτίθεται ότι ο δέκτης έχει την τέλεια εκτίμηση καναλιών. Η μέγιστη αναλογία που συνδυάζει (MRC) υιοθετείται για το rake combining.



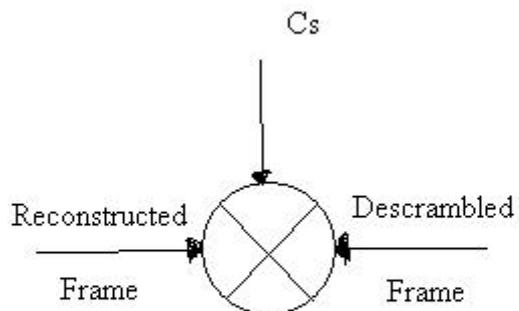
Σχήμα 5.9 Rake Receiver

5.3.6.1 Περιγραφή του Rake Receiver

Όταν ένα πλαίσιο διαβιβάζεται μέσω του καναλιού μεταβαλλόμενου χρονισμού, πολλαπλασιάζεται με ανεξάρτητο Rayleigh (κρουστική απόκριση) εξασθενίζοντας τα κυματοειδή κατά μήκος κάθε πορείας. Αυτά τα χρονικά μεταβαλλόμενα κυματοειδή είναι σύνθετα. Η διανομή εύρους είναι Rayleigh και η διανομή φάσης είναι ομοιόμορφη στο διάστημα $[0, 2\pi]$. Η φάση που συνδέεται με το κυματοειδές Rayleigh περιστρέφεται στον αστερισμό του διαβιβασθέντος σήματος. Έτσι στο Rake Receiver ακυρώνουμε την περιστροφή με τον πολλαπλασιασμό του λαμβανόμενου πλαισίου σε κάθε κλάδο με τον αρνητικό της φάσης που συνδέεται με εκείνη την ιδιαίτερη πορεία. Υποθέτουμε ότι έχουμε την τέλεια εκτίμηση φάσης έτσι ώστε μπορούμε να ακυρώσουμε έξω τη φάση σε κάθε κλάδο.

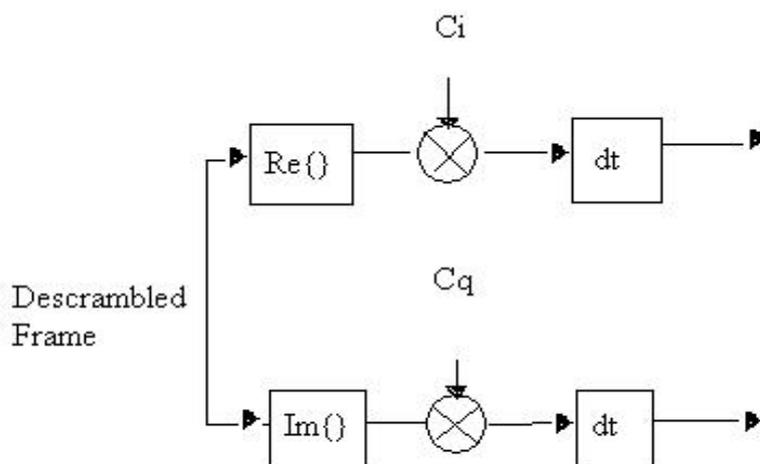
Το μπλόκ ευθυγράμμισης πλαισίων φροντίζει την καθυστέρηση που συνδέεται με κάθε πορεία έτσι ώστε να ξέρουμε το όριο των πλαισίων σε κάθε κλάδο. Αναδημιουργούμε έπειτα κάθε chips από το διαμορφωμένο παλμό σήμα με τη

δειγματοληψία στο chip rate. Αυτό εκτελείται στο μπλόκ λήψης δείγματος. Το περίπλεγμα εκτελείται με τον πολλαπλασιασμό του νέου σήματος με τη σύνθετη κλίση με συγκεκριμένο κώδικα περιπλέγματος. Το ακόλουθω σχήμα επεξηγεί τη διαδικασία



Σχήμα 5.10 Descrambling

CS είναι ο κώδικας περιπλέγματος του επιθυμητού κινητού σταθμού uplink. Αντιπροσωπεύει τον κώδικα περιπλέγματος του επιθυμητού σταθμού βάσεων στον προσομοιωτή downlink συνδέσεων. Ο αστερίσκος (*) δείχνει τη σύνθετη κλίση. Το σχήμα 5.10 παρουσιάζει την despreading λειτουργία,

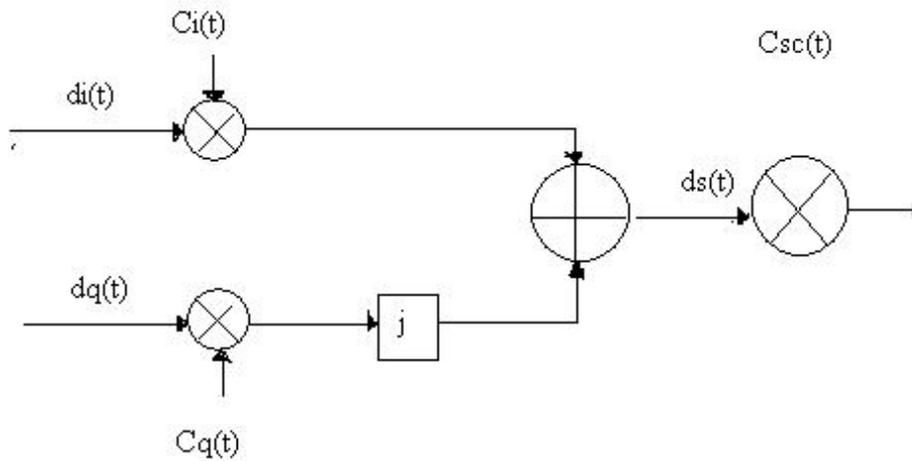


Σχήμα 5.11 Despreading

όπου το C_I και C_Q αντιπροσωπεύουν τους κατάλληλους διαδίδοντας κώδικες στο σχήμα 5.11.

5.3.7 Αναλυτική επεξεργασία του uplink προσομοιωτή

Υποθέστε προς το παρόν ότι κανένα μ αι δεν είναι παρόν στο σύστημα. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει τη συσκευή αποστολής σημάτων.



Σχήμα 5.12 Transmitter

Τα δεδομένα στο κανάλι i είναι το σήμα $d_I(t)$, ενώ τα δεδομένα στο κανάλι του q είναι το σήμα $d_Q(t)$.

Η διάδοση δεδομένων δίνεται απο,

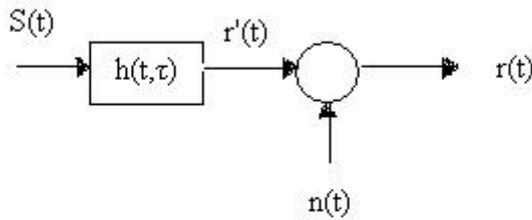
$$d_s(t) = d_I(t)c_I(t) + jd_Q(t)c_Q(t) \quad (5.4)$$

c_I και c_Q είναι διαδίδοντας κώδικες καναλιών i και το q αντίστοιχα.

Τελικά το διαβιβασθέν στοιχείο δίνεται,

$$s(t) = d_s(t)c_{sc}(t) \quad (5.5)$$

όπου c_{SC} είναι σύνθετο uplink scrambling code όπως περιγράφεται στο 4.5.



Σχήμα 5.13: Μετάδοση μέσω του καναλιού και υποδοχή στο Rake

Κάθε ένα σήμα διαβιβασμένο περνά μέσω ενός πολλαπλών διαδρομών καναλιού όπως φαίνεται στο σχήμα 5.13, όπου

$r(t)$ είναι το λαμβανόμενο σήμα

$h(t, \tau)$ είναι η κρουστική απόκριση καναλιών

$n(t)$ είναι ο σύνθετος γκαουσιανός θόρυβος στο δέκτη

$$r'(t) = \sum_{i=1}^n h_i(t, t_i) s(t - t_i) \quad (5.6)$$

Εδώ υποθέτουμε ότι έχουμε το πολλαπλών διαδρομών τμήμα n στο κανάλι. Κάθε ένας

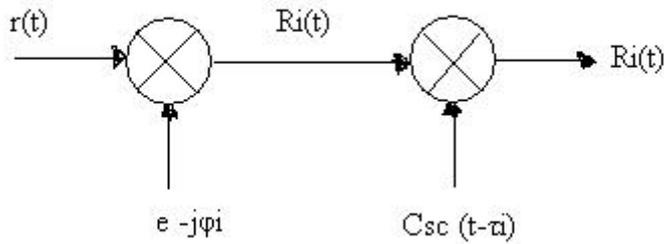
από αυτούς $h_i(t, t_i)$ είναι σύνθετος $h_i(t) = |h_i(t, t_i)| e^{j\phi_i(t, t_i)}$

Το λαμβανόμενο σήμα δίνεται έπειτα από,

$$r(t) = r'(t) + n(t) \quad (5.7)$$

Η παρακάτω εξίσωση αντιπροσωπεύει τα σήματα i^{th} του rake receiver.

$$\begin{aligned} R_i'(t) &= m_i'(t) + I_i'(t) + n_i'(t) \\ R_i(t) &= R_i'(t) C_{sc}^*(t - t_i) \\ R_i(t) &= m_i'(t) C_{sc}^*(t - t_i) + I_i'(t) C_{sc}^*(t - t_i) + n_i'(t) C_{sc}^*(t - t_i) \end{aligned} \quad (5.8)$$



Σχήμα 5.14: Descrambling at a Rake Branch

$$\begin{aligned}
 R_i'(t) &= r(t)e^{-jj_i(t)} & (5.9) \\
 &= \{r'(t) + n(t)\}e^{-jj_i(t)} \\
 &= r'(t)e^{-jj_i(t)} + n(t)e^{-jj_i(t)}
 \end{aligned}$$

Ο δεύτερος όρος στην εξίσωση (5.9) είναι ο σύνθετος γκαουσιανός θόρυβος με μια περιστροφή. Το θέτουμε ως $n_i'(\tau)$. Έτσι,

$$\begin{aligned}
 R_i'(t) &= r'(t)e^{-jj_i(t)} + n_{i(t)} \\
 R_i'(t) &= \mathring{\mathbf{a}} \left| h_i(t - t_i) |s(t - t_i)e^{jj_i(t)}e^{-jj_i(t)} + n_i'(t) \right| & (5.10)
 \end{aligned}$$

$$R_i'(t) = |h_i(t - t_i)|s(t - t_i) + \mathring{\mathbf{a}} \left| h_i(t - t_i) |s(t - t_i)e^{jj_i(t)}e^{-jj_i(t)} + n_i'(t) \right|$$

Ο πρώτος όρος στην εξίσωση (5.10) είναι το επιθυμητό σήμα. Το θέτουμε ως $m_i(t)$. ο δεύτερος όρος είναι παρέμβαση λόγω άλλων πορειών ή η διά παρέμβαση συμβόλων (ISI). Το θέτουμε ως $I_i'(t)$. Έτσι έχουμε

$$R_i'(t) = m_i'(t) + I_i'(t) + n_i'(t)$$

Ο πρώτος όρος που αντιπροσωπεύει το επιθυμητό σήμα $m_i(t)$ δίνεται από

$$\begin{aligned}
m_i(t) &= m_i' C_{sc}^*(t - t_i) \\
m_i(t) &= |h_i(t - t_i)| s(t - t_i) C_{sc}^*(t - t_i) \\
m_i(t) &= |h_i(t - t_i)| d_s(t - t_i) C_{sc}(t - t_i) C_{sc}^*(t - t_i) \\
m_i(t) &= |h_i(t - t_i)| d_s(t - t_i)
\end{aligned} \tag{5.11}$$

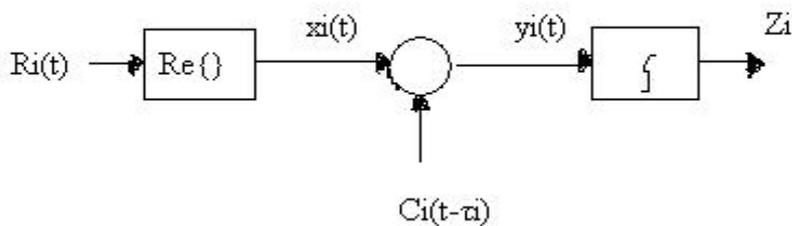
Η δεύτερη αντιπροσώπευση όρου ISI $I_i(t)$ δίνεται από

$$\begin{aligned}
I_i(t) &= \sum_{l=1}^n |h_l(t - t_l)| s(t - t_l) e^{j\{f_l(t) - f_i(t)\}} C_{sc}^*(t - t_i) \\
I_i(t) &= \sum_{l=1}^N |h_l(t - t_l)| d_s(t - t_l) C_{sc}(t - t_l) C_{sc}^*(t - t_i) e^{j\{f_l(t) - f_i(t)\}}
\end{aligned} \tag{5.12}$$

Ο τρίτος όρος που αντιπροσωπεύει το θόρυβο $n_i(t)$ δίνεται από

$$n_i(t) = n_i'(t) C_{sc}^*(t - t_i) \tag{5.13}$$

Το ακόλουθο σχήμα παρουσιάζει την despreading διαδικασία



Σχήμα 5.16: Despreading at a Rake Branch

Εδώ z_i είναι η στατιστική απόφαση για τον i^{th} κλάδο του rake receiver. Τώρα,

$$\begin{aligned}
x_i(t) &= \text{Re}\{R_i(t)\} = \text{Re}\{m_i(t)\} + \text{Re}\{I_i(t)\} + \text{Re}\{n_i(t)\} \\
x_i(t) &= |h_i 9t - t_i| d_I(t - t_i) C_I(t - t_i) + \text{Re}\{I_i(t)\} + \text{Re}\{n_i(t)\}
\end{aligned} \tag{5.14}$$

Επομένως

$$\begin{aligned}
y_i(t) &= x_i(t) C_I(t - t_i) \\
y_i(t) &= |h_i(t - t_i)| d_I(t - t_i) + \text{Re}\{I_i(t)\} C_I(t - t_i) + \text{Re}\{n_i(t)\} C_I(t - t_i)
\end{aligned} \tag{5.15}$$

Έτσι η στατιστική απόφαση Z_i δίνεται από

$$Z_i = \int_{t_i}^{T+t_i} y_i(t) dt \tag{5.16}$$

η οποία μπορεί να αναλυθεί σε

$$\begin{aligned}
Z_i &= \int_{t_i}^{T+t_i} |h_i(t - t_i)| d_I(t - t_i) dt + \int_{t_i}^{T+t_i} \text{Re}\{I_i(t)\} C_I(t - t_i) dt \\
&+ \int_{t_i}^{T+t_i} \text{Re}\{n_i(t)\} C_I(t - t_i) dt
\end{aligned} \tag{5.17}$$

Εδώ το T είναι η περίοδος συμβόλων. Εάν υποθέτουμε ότι η απάντηση μεγέθους του καναλιού παραμένει σταθερή για το διάστημα συμβόλων, παίρνουμε

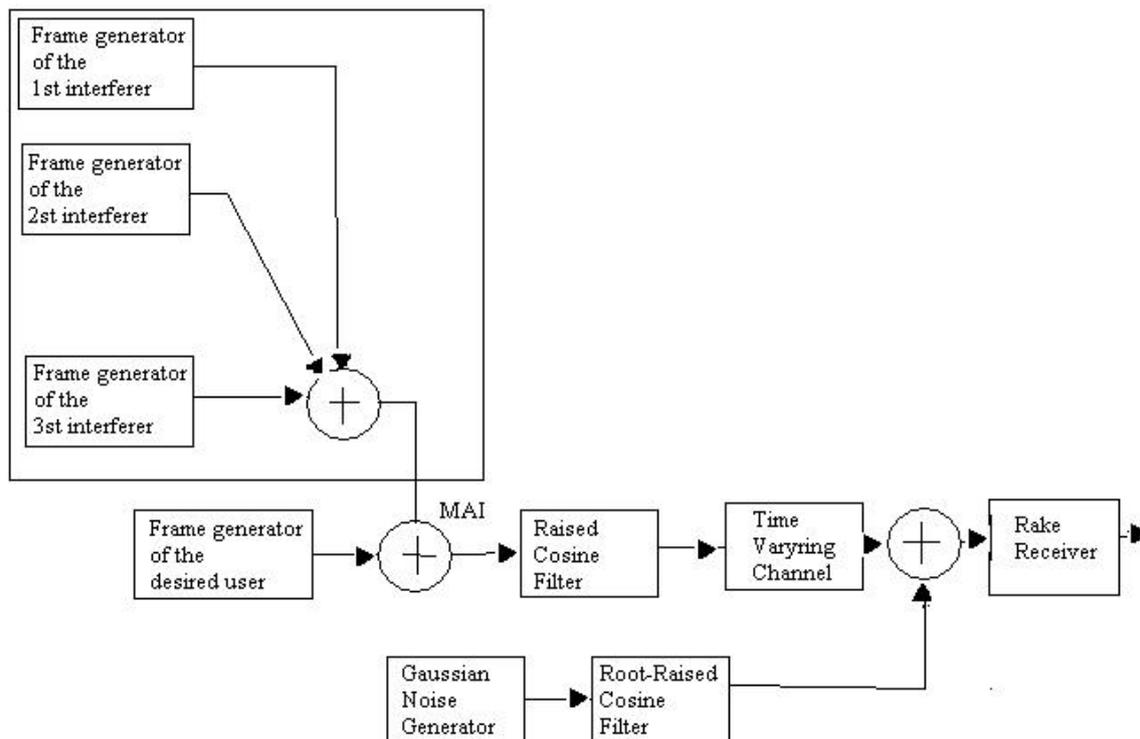
$$z_i = T|h_i|K + \int_{t_i}^{T+t_i} \text{Re}\{I_i(t)C_I(t - t_i)\} dt + \int_{t_i}^{T+t_i} \text{Re}\{n_i(t)\}C_I(t - t_i) dt \tag{5.18}$$

Εδώ το K μπορεί να είναι είτε 1 είτε -1 ανάλογα με το διαβιβασθέν σύμβολο. Ο δεύτερος όρος στην εξίσωση (5.17) είναι ISI. Λόγω του κέρδους επεξεργασίας, το ISI είναι αρκετά μικρό συγκρίνε πρώτα τον της εξίσωσης (5.17). Ο τρίτος όρος είναι εδώ ο όρος θορύβου. Η ανωτέρω ανάλυση μπορεί να επεκταθεί για να λάβει την παρουσία μαί υπόψη.

5.4 Προσομοιωτής Downlink συνδέσεων

Στην Downlink σύνδεση, ο κινητός δέκτης σταθμών λαμβάνει το σήμα που διαβιβάζεται από συσκευή αποστολής σημάτων σταθμού βάσης. Το MS λαμβάνει το επιθυμητό σήμα μαζί με τα διαβιβασθέντα σήματα του σταθμού βάσης για άλλους κινητούς σταθμούς στο σύστημα. Το διάγραμμα φραγμών της κατιούσας σύνδεσης και ο προσομοιωτής παρουσιάζεται στο σχήμα 5.17. Ο προσομοιωτής κατιουσών συνδέσεων διαφέρει από το uplink προσομοιωτή στην παραγωγή mai.

Η δομή πλαισίων και η διάδοση και η διαμόρφωση είναι επίσης τροποποιημένη από την up link.



Σχήμα 5.17: Διάγραμμα Downlink προσομοίωσης

Τα bits δεδομένων και ελέγχου είναι χρόνος που πολλαπλασιάζεται στη συσκευή αποστολής σημάτων που είναι ένας σταθμός βάσεων για η κατιούσα σύνδεση.

Ο κώδικας channelization είναι ο ίδιος όπως περιγράφεται στην παράγραφο 4.4. Ο κώδικας ανακατώματος είναι συγκεκριμένος long κώδικας σταθμών βάσεων με μια περίοδο ενός πλαισίου ή 10 ms.

5.4.1 MAI για Downlink

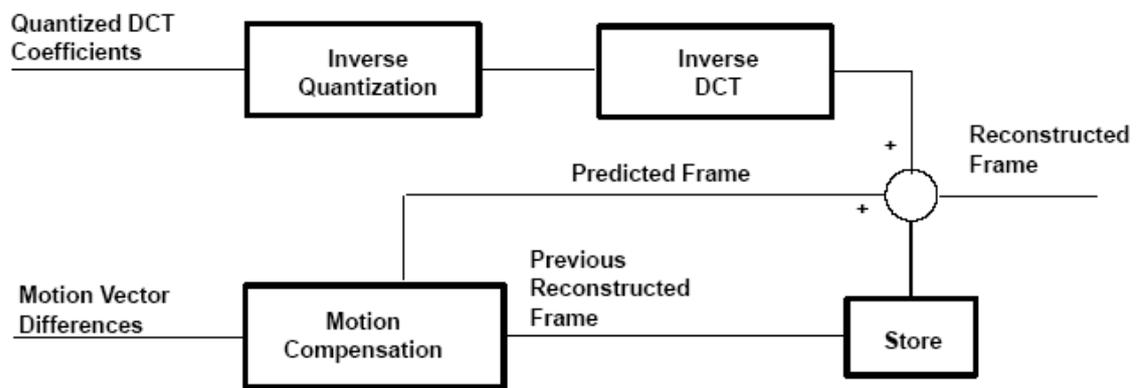
Μαί στην κατιούσα σύνδεση προκύπτει από τα πλαίσια στοιχείων που διαβιβάζονται από το σταθμό βάσεων συσκευή αποστολής σημάτων για άλλους χρήστες στο σύστημα. Αυτά τα πλαίσια είναι διαμορφωμένα κατά τρόπο παρόμοιο του σχήματος 5.18. Κάθε χρήστης έχει τον κώδικα OVSF του που παρέχει orthogonality μεταξύ των διαφορετικών χρηστών. Τα πλαίσια είναι χρόνος που ευθυγραμμίζεται το ένα με το άλλο και με αυτόν του επιθυμητού χρήστη. Δοκιμάζουν το ίδιο πολλαπλών διαδρομών κανάλι με το πλαίσιο στοιχείων του επιθυμητού χρήστη. Αυτό είναι σε αντίθεση με το uplink όπου το στοιχείο από τους διαφορετικούς χρήστες φθάνει στο δέκτη μέσω του διαφορετικού καναλιού. Κατά συνέπεια μαί εφαρμόζεται με τον ακόλουθο τρόπο:

Τα πρόσθετα παρεμβαίνοντας πλαίσια στοιχείων παράγονται μαζί με το πλαίσιο για τον επιθυμητό χρήστη. Τους συνοψίζουν με το πλαίσιο του επιθυμητού χρήστη, περνούν μέσω του pulse shaping φίλτρου και παραλαμβάνονται στη συνέχεια στα επιθυμητά κράτη μέλη περνούν από το χρονικό ποικίλο κανάλι. Υποθέτουμε ότι τα πλαίσια όλα διαβιβάζονται στην ίση δύναμη.

5.5 Διαδικασία αποκωδικοποίησης σηματος bit-stream

Ένα διάγραμμα ενός χαρακτηριστικού αποκωδικοποιητή παρουσιάζεται στο σχήμα 2. Στην περίπτωση macroblock, ο κωδικοποιητής εκτελεί μόνο την αντίστροφη κβαντοποίηση και τις αντίστροφες διαδικασίες DCT για να αναδημιουργήσει το αρχικό macroblock. Το αναδημιουργημένο macroblock χρησιμοποιείται έπειτα στο να δημιουργηθεί το πλαίσιο. Στην περίπτωση macroblock, ο αποκωδικοποιητής εκτελεί

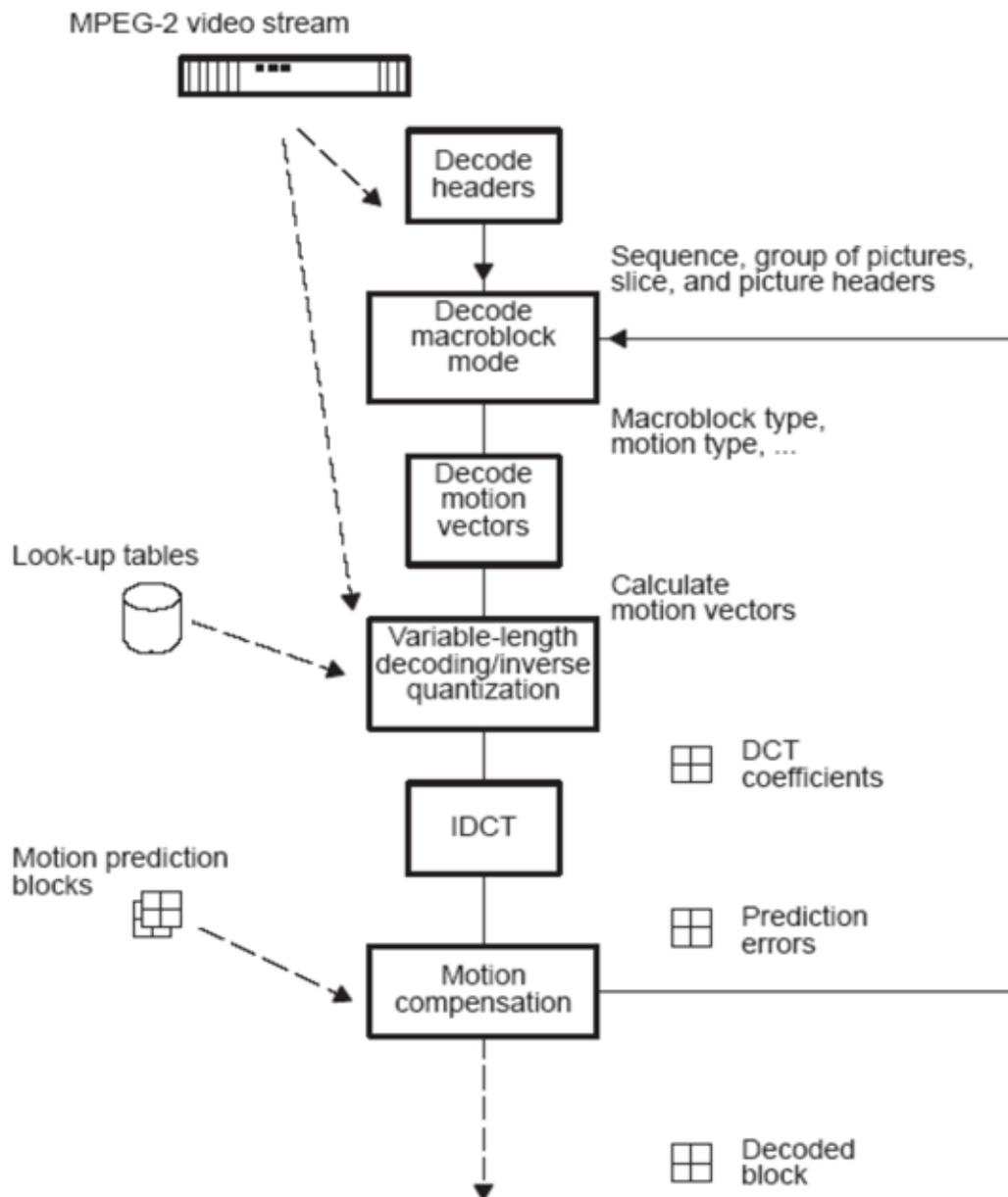
την αντίστροφη κβαντοποίηση και τις αντίστροφες διαδικασίες DCT στους συντελεστές DCT που αντιστοιχούν στο υπόλοιπο πρόβλεψης. Ο αποκωδικοποιητής χρησιμοποιεί επίσης τις πληροφορίες στα διανύσματα κινήσεων για να βρεί το καλύτερο macroblock στο προηγούμενο αναδημιουργημένο πλαίσιο. Το τελευταίο προστίθεται έπειτα στο υπόλοιπο για να αναδημιουργήσει το αρχικό macroblock. Μόλις αναδημιουργηθεί το πλήρες πλαίσιο, αποθηκεύεται έπειτα για χρήση κατά την αποκωδικοποίηση του επόμενου πλαισίου.



Σχήμα 5.19 Διάγραμμα αποκωδικοποίησης

5.5.1 Περιγραφή αλγορίθμου

Το σχήμα 5.20 παρουσιάζει αλγόριθμο τηλεοπτικός-αποκωδικοποίησης mpeg. Τα πρότυπα mpeg υιοθετούν διάφορες τεχνικές για να επιτευχθεί η υψηλή αναλογία συμπίεσης συντηρώντας την υψηλή τηλεοπτική ποιότητα



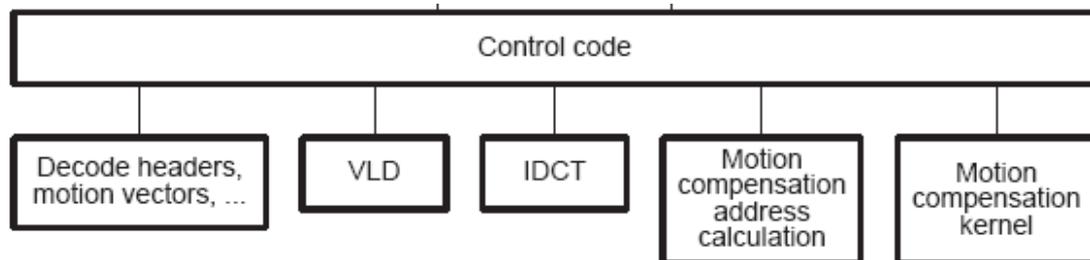
Σχήμα 5.20 Περιγραφή αλγορίθμου

5.5.2 Δομή Decoder

Ο αποκωδικοποιητής διαιρείται σε ακόλουθες ενότητες (σχήμα 5.21):

- VLD, το οποίο περιλαμβάνει τις λειτουργίες για να εκτελέσει την αποκωδικοποίηση μεταβλητός-μήκους, την επέκταση τρέξιμο-μήκους και το dequantization

- IDCT, το οποίο περιλαμβάνει τις λειτουργίες για να εκτελέσει την αντίστροφη ιδιαίτερη μετατροπή συνημιτόνου
- Ο υπολογισμός διευθύνσεων αποζημιώσεων κινήσεων (Motion compensation address calculation), που περιλαμβάνει τις λειτουργίες για να υπολογίσει την αναφορά εμποδίζει τη θέση και για να προσκομίσει τους φραγμούς στην εσωτερική μνήμη
- Πυρήνας αποζημιώσεων κινήσεων (Motion compensation kernel), ο οποίος περιλαμβάνει τις λειτουργίες για να υπολογίσει τα εικονοκύτταρα πρόβλεψης
- Διάφορες λειτουργίες για να αποκωδικοποιήσει τις πληροφορίες επιγραφών, τα διανύσματα κινήσεων, κ.λπ.



Σχήμα 5.21 Δομή MPEG Video Decoder

Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα – Προτάσεις

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία που παρουσιάστηκε είχε σαν αντικείμενο την περιγραφή της διαδικασίας ασύρματης μετάδοσης video, χρησιμοποιώντας το σύστημα WCDMA (encode,transmit,decode) και το πρότυπο MPEG, στα κινητά τηλέφωνα. Η κινητή τηλεφωνία και γενικότερα οι ασύρματες επικοινωνίες σήμερα είναι η πλέον εξαπλωμένη μορφή επικοινωνίας λόγω των πολλων πλεονεκτημάτων που προσφέρει, έτσι μία από τις επηρεσίες που πρέπει να προσφέρει είναι η υψηλής ταχύτητας δεδομένα, κυκλοφορίας βίντεο και πολυμέσων. Λόγο του μικρού ρυθμού μετάδοσης και του εύρου ζώνης των προηγούμενων τηλεπικοινωνιακών και κινητών συστημάτων δεν ήταν δυνατή η μετάδοση βίντεο. Το σύστημα WCDMA λόγω των πλεονεκτημάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω, και του χαμηλού ρυθμού μετάδοσης του προτύπου MPEG-4, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις κινητές επικοινωνίες.

Η συμπίεση των δεδομένων είναι σημαντική, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα δεδομένα ήχου και video χρειάζονται ένα μεγάλο ποσό bandwidth για να μεταδοθούν. Με την συμπίεση των δεδομένων όμως επηρεάζεται η ποιότητα, απαιτείται αξιосέβαστο ποσό bandwidth για την μετάδοση και περίπλοκοι υπολογισμοί. Το MPEG -4 που στοχεύει σε δίκτυα χαμηλών ταχυτήτων και σε περιβάλλοντα που οι αποθηκευτικές μονάδες είναι μικρές, έτσι για μετάδοση πολυμέσων στα κινητά μικροτηλέφωνα είναι μια καλή λύση.

Βιβλιογραφία

- [1] Third Generation Partnership Project Technical Specification Group Radio Access Network Working Group 1, " Multiplexing and Channel Coding (FDD)," TS 25.212 V2.0.1 (1999-08).
- [2] Tero Ojanpera and Ramjee Prasad, "An Overview of Air Interface Multiple Access forIMT-2000/UMTS," IEEE Communications Magazine, vol. 36, pp. 88-95, September1998.
- [3] S.M. Alamouti, "A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 16, pp1451-1458, October 1998.
- [4] Optical Fiber Telecommunications II, Miller Stewart & Kaminov Ivan P., Academic Press.
- [5] MPEG-4 Video Group, "Overview of the MPEG-4 Standard," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N2323, Dublin, Ireland, July 1998.
<http://drogo.cselt.stet.it/mpeg/standards/mpeg-4/mpeg-4.htm>
- [6] M.Antonini, M.Barlaud, P.Mathieu, and I.Daubechies, "Image coding using wavelet transform," IEEE Trans. Image Process., vol. 1, pp. 205–220, 1992.
- [7] Video Coding for Low Bitrate Communication, ITU-T Recommendation H.263, Feb. 1998.
- [8] R. Aravind, M. R. Civanlar, and A. R. Reibman, "Packet loss resilience of MPEG-2 video coding algorithms," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 6, pp. 426–435, Oct. 1996.
- [9] H. Sun, W. Kwok, and J. W. Zdepski, "Architectures for MPEG compressed bitstream scaling," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 6, pp. 191–199, Apr. 96.
- [10] Texas Instruments www sites:
wireless: <http://www.ti.com/sc/docs/wireless/home.htm>
- [11] The Data Compression Library,
<http://www.dogma.net/DataCompression/MPEG.shtml>
Tutorial on the MPEG-4 standard, http://www.cselt.it/leonardo/icjfiles/mpeg-4_si/