

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΊΔΡΥΜΑ

ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗΣ
ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

ΠΕΤΤΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

*Γρηγοριος Νικολάου,
καθηγήτης*

Α ι γ ά λ ε ω 2016

Ε γ κ ρ ί θ η κ ε α π ό τ η ν τ ρ ι μ ε λ ή
ε ξ ε τ α σ τ ι κ ή ε π ι τ ρ ο π ή

Α ι γ ά λ ε ω 23/06/2016

Ε Π Ι Τ Ρ Ο Π Η Α Ξ Ι Ο Λ Ο Γ Η Σ Η Σ

Ο ν ο μ α τ ε π ώ ν υ μ ο , Υ π ο γ ρ α φ ή

1. Ν ι κ ο λ ά ο υ Γ ρ η γ ό ρ ι ο ς
2. Π α π ο υ τ σ ι δ ά κ η ς Μ ι χ ά λ η ς
3. Δ ρ ό σ ο ς Χ ρ ή σ τ ο ς

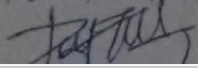
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο / Η κάτωθι υπογεγραμμένος / η Πέτσος Δημήτριος,
του Νικολάου, με αριθμό μητρώου 28191 φοιτητής / τρια του
Τμήματος Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε. του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. πριν αναλάβω την
εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του
συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και
πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται
αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη
αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα
του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος
φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα
του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η
Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφαση της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του
αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα
καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός
ημερολογιακού βμήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα
προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

Ο Δηλών
Πέτσος Δημήτριος


Ημερομηνία
23/06/16

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζεται η θεωρία και οι τεχνικές της ασύρματης τεχνολογίας WCDMA. Τα συστήματα κινητών επικοινωνιών δεύτερης γενιάς, είχαν υλοποιηθεί ώστε να παρέχουν στους χρήστες φωνητικές υπηρεσίες. Στα χρόνια που ακολούθησαν, παρόλο που ενσωματώθηκαν διάφορες νέες υπηρεσίες δεδομένων, έγινε φανερό ότι τα δίκτυα αυτά δε μπορούσαν πλέον να προσφέρουν περισσότερες εφαρμογές. Η ανάγκη για εξέλιξη όσον αφορά στη χωρητικότητα, τη ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων και την ύπαρξη νέων υπηρεσιών, έδωσε ώθηση στην υλοποίηση των συστημάτων τρίτης γενιάς. Ένα από τα δίκτυα τρίτης γενιάς που επικράτησε είναι το UMTS. Ως ασύρματη διεπαφή για το UMTS δίκτυο ορίστηκε το σύστημα WCDMA, ένα ευρυζωνικό σύστημα πολλαπλής πρόσβασης με διαίρεση κώδικα.

Η εργασία αποτελείται από 6 κεφάλαια και έχει την εξής δομή: το Κεφάλαιο 1 το οποίο πραγματεύεται τις θεμελιώδεις αρχές της κυτταρικής τεχνολογίας WCDMA, ενώ περιλαμβάνει και την ιστορική αναδρομή των WCDMA δικτύων. Το Κεφάλαιο 2 όπου γίνεται ανάλυση και σύγκριση των μεθόδων πολλαπλής πρόσβασης TDMA και WCDMA. Ακολουθεί το Κεφάλαιο 3 στόχος του οποίου είναι η κατανόηση σε επίπεδο επισκόπησης της αρχιτεκτονικής του πομπού WCDMA. Στο Κεφάλαιο 4 αναφέρονται οι μέθοδοι κωδικοποίησης προστασίας των δεδομένων CRC Coding FEC Coding, Viterbide coding, block interleaving, turbocodes, ενώ στο Κεφάλαιο 5 γίνεται επεξήγηση της χρήσης κωδίκων διοχέτευσης και κρυπτογράφησης. Το θεωρητικό μέρος ολοκληρώνεται με το Κεφάλαιο 6 περιεχόμενο του οποίου αποτελεί η διαμόρφωση και το φιλτράρισμα σε ένα σύστημα WCDMA.

Περιοχόμενα

<u>Συνοπτική περιγραφή πτυχιακής</u>	3
<u>1 Θεμελιώδεις αρχές της κυτταρικής τεχνολογίας WCDMA</u>	5
<u>1.1. Σχετικά με τις υπηρεσίες</u>	5
<u>1.2 Ιστορική αναδρομή</u>	5
<u>1.3 WCDMA AIR INTERFACE</u>	6
<u>1.4 Ορόσημα για το WCDMA</u>	6
<u>1.5 Εξέλιξη από το 2G στο 3G</u>	7
<u>1.6 Λειτουργικότητα</u>	8
<u>2 Πολλαπλή πρόσβαση TDMA WCDMA</u>	9
<u>2.1 TDMA πομπός</u>	10
<u>3 Επισκόπηση αρχιτεκτονικής πομπού WCDMA</u>	11
<u>3.1 WCDMA πομπός</u>	10
<u>3.2 Κωδικοποίηση φωνής</u>	14
<u>3.3 ACELP AND ADAPTIVE MULTIRATE</u>	16
<u>4 Μέθοδοι κωδικοποίησης προστασίας δεδομένων CRC FEC κτλ</u>	19
<u>4.1 Ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων CRC FEC</u>	19
<u>4.2 CRC</u>	20
<u>4.3 FEC</u>	22
<u>4.4 Συνελικτική κωδικοποίηση</u>	25
<u>4.5 Viterbi αποκωδικοποίηση</u>	28
<u>4.6 Παρεμβολή</u>	31
<u>4.7 Turbo Κώδικες</u>	33
<u>4.8 Αντιστοίχιση τιμών</u>	35
<u>4.9 Κώδικες WCDMA</u>	36
<u>4.10 Κώδικες channelization</u>	36
<u>5 Επεξήγηση χρήσης κωδίκων διοχέτευσης κρυπτογράφησης</u>	44
<u>5.1 Κωδικοί κρυπτογράφησης</u>	44
<u>6 Διαμόρφωση και φίλτρηση σε ένα σύστημα WCDMA</u>	55
<u>6.1 Διαμόρφωση</u>	55

1. ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ WCDMA

1.1 ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

Τα δίκτυα τρίτης γενιάς (3G) μπορούν να υλοποιηθούν με τη χρήση διαφορετικών τεχνολογιών, εφ' όσον μπορούν να προσφέρουν τις επιθυμητές υπηρεσίες που είναι το μόνο που απαιτείται. Ωστόσο ορισμένες τεχνολογίες έχουν περισσότερα πλεονεκτήματα από κάποιες άλλες όσον αφορά την αποτελεσματικότητα της χρήσης του ραδιοφάσματος και την ευελιξία αυτού.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ (WCDMA)

Το 1992 η Παγκόσμια διάσκεψη διαχειριστών της ITU(διεθνής ένωση τηλεπ/ών) επέλεξε για τα δίκτυα 3^{ης} γενιάς, ζώνες συχνοτήτων περί των 2 GHz.

Επίσης αυτά τα συστήματα τρίτης γενιάς ονομάζονται από την ITU(international Mobile telephony 2000(IMT-2000)).

Το IMT-2000 ορίζει διαφορετικές διεπαφές για τα συστήματα 3^{ης} γενιάς με βάση είτε την τεχνολογία WCDMA ή την TDMA.

Η ίδια διασύνδεση, WCDMA πρέπει να χρησιμοποιείται στην Ευρώπη και την Ασία, συμπεριλαμβανομένου της Ιαπωνίας και της Κορέας, χρησιμοποιώντας ζώνη συχνοτήτων περί των 2 GHz.

- In 1992, the World Administrative Radio Conference (WARC) of the ITU (International Telecommunications Union) chose frequencies around 2 GHz to be available for third generation mobile systems.
- These third generation systems are also called International Mobile Telephony 2000 (IMT-2000).
- IMT-2000 defines several different air interfaces for third generation systems based on either CDMA or TDMA technology.
- The same air interface, WCDMA, is to be used in Europe and Asia, including Japan and Korea using the frequency bands around 2 GHz.
- In North America that spectrum has already been allocated for operators using second generation systems and no new spectrum is available for IMT-2000. Thus third generation services must be implemented within the existing bands.

Σχήμα 1.2: WCDMA Air Interface (διεπαφήαέρα)

1.3 WCDMA AIR INTERFACE (ΔΙΕΠΑΦΗ ΑΕΡΑ)

Εκτός του WCDMA άλλες διεπαφές που μπορούν να παρέχουν υπηρεσίες 3G είναι το EDGE και το CDMA-2000.

Το EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) μπορεί να παρέχει ρυθμούς μετάδοσης έως και 500 kbps χρησιμοποιώντας φορέα GSM με εύρος ζώνης 200kHz.

Το Cdma2000 μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν αναβάθμιση το ήδη υπάρχοντος φορέα IS-95 .

Η κατανομή του φάσματος στην Ευρώπη την Ιαπωνία και την Κορέα είναι 1920-1980 MHz uplink και 2110-2170 MHz downlink.

- Other air interfaces, such as EDGE and cdma2000 can provide 3G services.
- Spectrum allocation in Europe, Japan and Korea is 1920 - 1980 MHz uplink and 2110 - 2170 MHz downlink for Frequency Division Duplexing, 1900 - 1920 MHz and 2020 - 2025 MHz for Time Division Duplexing.
- Frequency Division Duplex use different frequency bands for uplink and downlink while Time Division Duplex use the same frequency for both uplink and downlink.

Σχήμα 1.3: WCDMA AirInterface

1.4 ΟΡΟΣΗΜΑ ΓΙΑ ΤΟ WCDMA

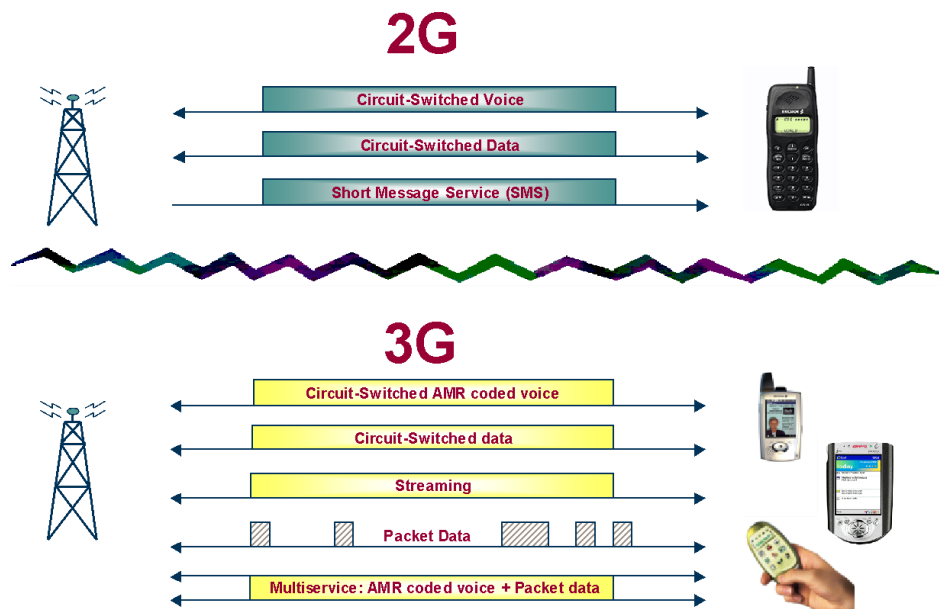
Τον Ιανουάριο του 1998 ο Ευρωπαϊκός οργανισμός τυποποίησης (ETSI) αποφάσισε ότι το WCDMA είναι η τρίτη γενιά airinterface σε αυτού του είδους τα δίκτυα .Η προ-εμπορική φάση δοκιμών πραγματοποιήθηκε στην Ευρώπη στις αρχές του 2002.

Το πρώτο εμπορικό δίκτυο ήταν διαθέσιμο στην Ιαπωνία κατά την διάρκεια του 2001 για εμπορική χρήση σε βασικούς τομείς.

1.5 ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΠΟ ΤΟ 2G ΣΤΟ 3G

Όπως μπορούμε να δούμε στο παρακάτω σχήμα 1.4 τα δίκτυα 2^{ης} γενιάς σχεδιάστηκαν και βελτιστοποιήθηκαν για υπηρεσίες μεταγωγής κυκλώματος όπως υπηρεσίες φωνής και χαμηλού ρυθμού μετάδοσης (bit-rate) δεδομένων μεταγωγής κυκλώματος. Δεν έχουν βελτιστοποιηθεί για την μεταφορά πακέτων δεδομένων όπου μπορεί να παρέχει στην καλύτερη περίπτωση 14.4 kbps ταχύτητα ανά χρονοθυρίδα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν διαθέσιμες βελτιώσεις που έχουν καταστεί διαθέσιμες για το δίκτυο 2G όπως το GPRS κ' EDGE αποσκοπώντας στην βελτίωση των δεδομένων του δικτύου, την αύξηση του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων και επιτρέπει την υπηρεσία δεδομένων μεταφορές πακέτων.

Από την άλλη τα δίκτυα τρίτης γενιάς (3G) έχουν σχεδιαστεί για την μετάδοση δεδομένων και να υποστηρίζουν όχι μόνο την μεταγωγή κυκλώματος (circuit-switched) φωνής και μεταγωγή κυκλώματος δεδομένων, αλλά και υψηλής ταχύτητας μεταγωγής πακέτων (packet-switched) καθώς και πολλών υπηρεσιών.



Σχήμα 1.4: Από το 2G στο 3G.

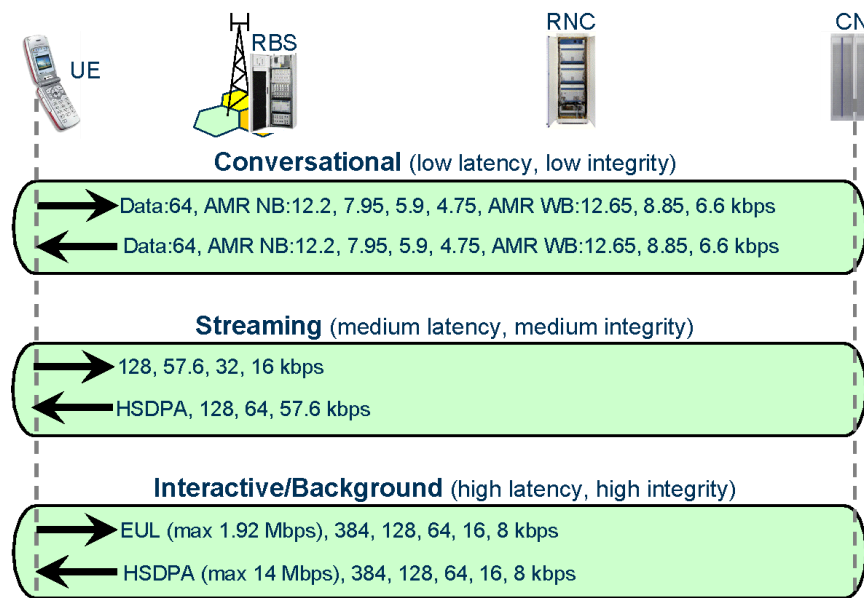
Οι απαιτήσεις για τα δίκτυα 3G είναι πολύ διαφορετική από την βασική απαίτηση φωνητικής επικοινωνίας των δικτύων 2G. Τα δίκτυα 3G απαιτούν μια πιο ευέλικτη διεπαφή που μπορεί να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις και των δύο υπηρεσιών μεταγωγή κυκλώματος και μεταγωγής δεδομένων ώστε να χειρίζονται αυτά με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο.

1.6 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ

Οι ακόλουθες ραδιολειτουργίες περιλαμβάνονται στο WCDMA δίκτυο ασύρματης πρόσβασης, WCDMA RANPhase 4.

WCDMARADIO ραδιοπρόσβαση στους φορείς (RABs)

Ο σκοπός της ραδιοπρόσβασης του φορέα είναι να παρέχει ένα τμήμα σύνδεσης με το WCDMARAN για την υποστήριξη της υπηρεσίας κομιστή UMTS. Το WCDMARAN μπορεί να παρέχει συνδέσεις RAB με διαφορετικά χαρακτηριστικά, ώστε να ανταποκρίνονται πλήρως στις απαιτήσεις για διαφορετικούς φορείς UMTS. Στο σχήμα 1.5 τα διαφορετικά RABs υποστηρίζονται στο P6 WCDMA RAN.



Σχήμα 1.5: Φορείς Ασύρματης Πρόσβασης WCDMA (RABS)

Η συνομιλία RAB είναι προσαρμοσμένη στα 12,2 kbps (AdaptiveMultiRate AMR) ομιλία και θα χρησιμοποιούνται για την μεταφορά κλήσεων έκτακτης ανάγκης.

Οι υπηρεσίες video-τηλεφωνίας μπορούν να προσφέρονται σε ολόκληρη την συνομιλία 64 kbps μεταγωγής κυκλώματος (CS) RAB.

Η ροή (streaming) 57,6 kbps χρησιμοποιείται για να υποστηρίξει συνδέσεις μόντεμ v.90.

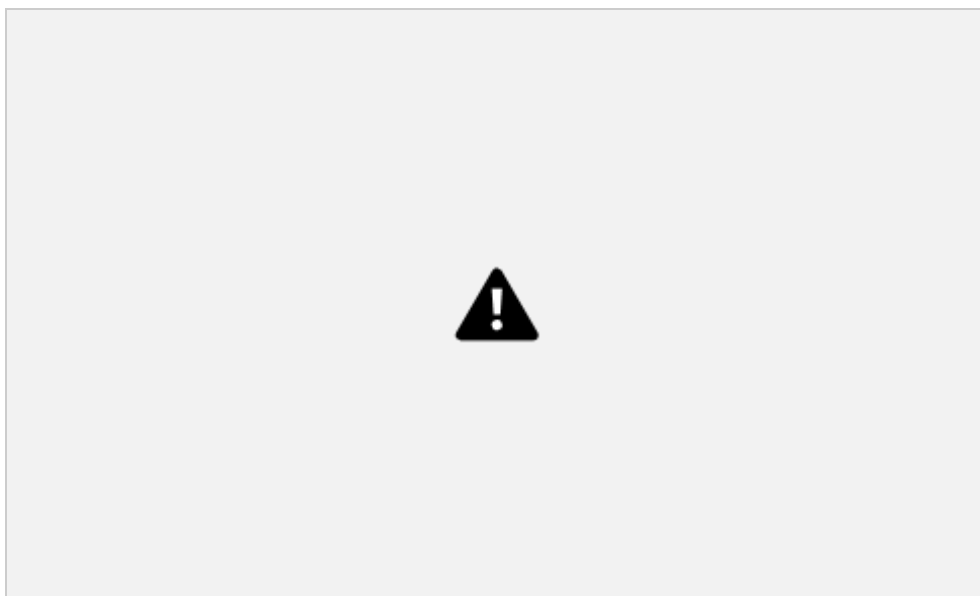
Ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων που υποστηρίζονται από το διαδραστικόbackground μεταγωγής πακέτου (PS) RAB είναι 14 Mbps στο downlink

και 1.4 Mbps στο uplink. Αυτό είναι το αυτόνομο RAB:s όπου είναι διαθέσιμο στην P και μαζί με αυτό , υπάρχουν επίσης πολλά multiRAB:s με συνδυασμό αυτόνομης RAB:S.

2. ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ TDMA WCDMA

2.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Υπάρχουν 3 βασικές τεχνικές διεπαφής αέρα (air) πολλαπλής πρόσβασης συχνότητας FDMA, χρόνου TDMA και διαίρεσης κώδικα CDMA σχήμα 1,6.



Σχήμα 1.6: Προσεγγίσεις πολλαπλής πρόσβασης.

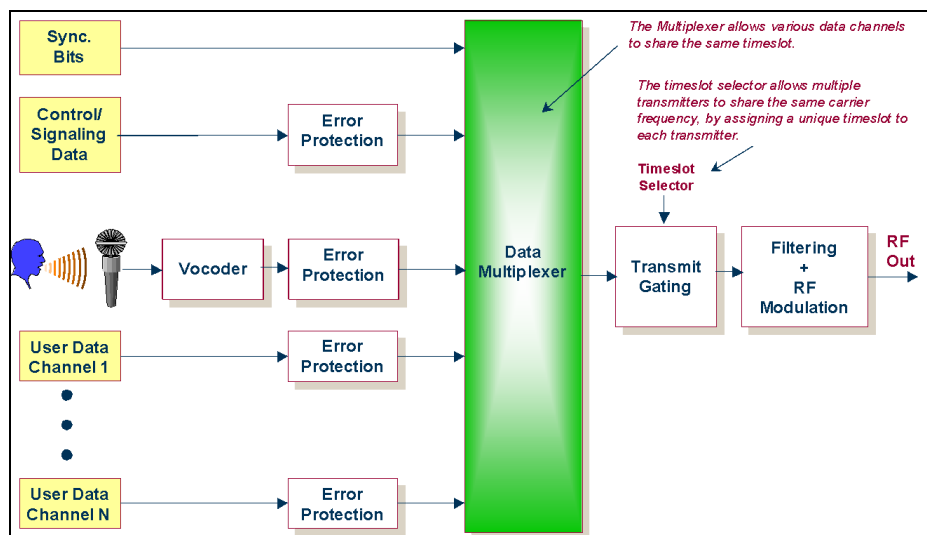
Η Frequency Division Multiple Access (FDMA) είναι πολύ κοινό στα συστήματα 1^{ης} γενιάς κινητών επικοινωνιών. Παραδείγματα των συστημάτων που χρησιμοποιούν αυτή την τεχνική είναι το MNT , το TCA και το AMPS. Το διαθέσιμο φάσμα χωρίζεται σε φυσικό κανάλι ίσου εύρους ζώνης. Το φυσικό κανάλι κατανέμεται ανά συνδρομητή. Τα κανάλια αυτά χρησιμοποιούνται καθ' όλη την διάρκεια της κλήσης και δεν είναι διαθέσιμα για χρήση από άλλο συνδρομητή κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου.

Στο TDMA (Time Division Multiple Access) το διαθέσιμο φάσμα για ένα φορέα χωρίζεται στο χρόνο . Στο συνδρομητή έχει εκχωρηθεί ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα που αναφέρεται ως μια χρονοθυρίδα . Ένα παράδειγμα ενός συστήματος που χρησιμοποιεί αυτή την αρχή είναι το D-AMPS που ονομάζεται και TDMA . Άλλα συστήματα κινητής τηλεφωνίας που χρησιμοποιούν τη τεχνολογία TDMA είναι για παράδειγμα το GSM , επίσης μοιράζονται το διαθέσιμο φάσμα συχνότητων με διαφορετικούς φορείς , και είναι κατά μια έννοια υβριδικά δεδομένου ότι χρησιμοποιούν τόσο TDMA όσο και FDMA.

Το WCDMA επιτρέπει σε πολλούς συνδρομητές να χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα την ίδια στιγμή. Για να γίνει διάκριση μεταξύ των χρηστών, οι πληροφορίες περνούν από μια διαδικασία γνωστή ως εξάπλωση δηλαδή, οι πληροφορίες που πολλαπλασιάζονται με το Channelization και έναν κωδικό κρυπτογράφησης. Ως εκ τούτου WCDMA αναφέρεται ως μια τεχνολογία διασκορπισμένου φάσματος. Αυτή η τεχνολογία αναπτύχθηκε αρχικά από το στρατό για να αποφευχθεί το ενδεχόμενο τα σήματά τους να κολλήσουν ή να τα ακούσει ο εχθρός.

2.2 TDMA ΠΟΜΠΟΣ

Ο TDMA πομπός φαίνεται στο σχήμα 2.1.



Το
κανάλι
διέρχεται
από

κωδικοποιητή φωνής, ο οποίος παράγει μια ψηφιακή αναπαράσταση του σήματος αναλογικής εισόδου. Μετά την προστασία λάθους αυτή η παράσταση εισάγεται σε ένα πολυπλέκτη δεδομένων όπου πολυπλέκετε με bits συγχρονισμού, δεδομένα ελέγχου / σηματοδότησης και δεδομένα του χρήστη.

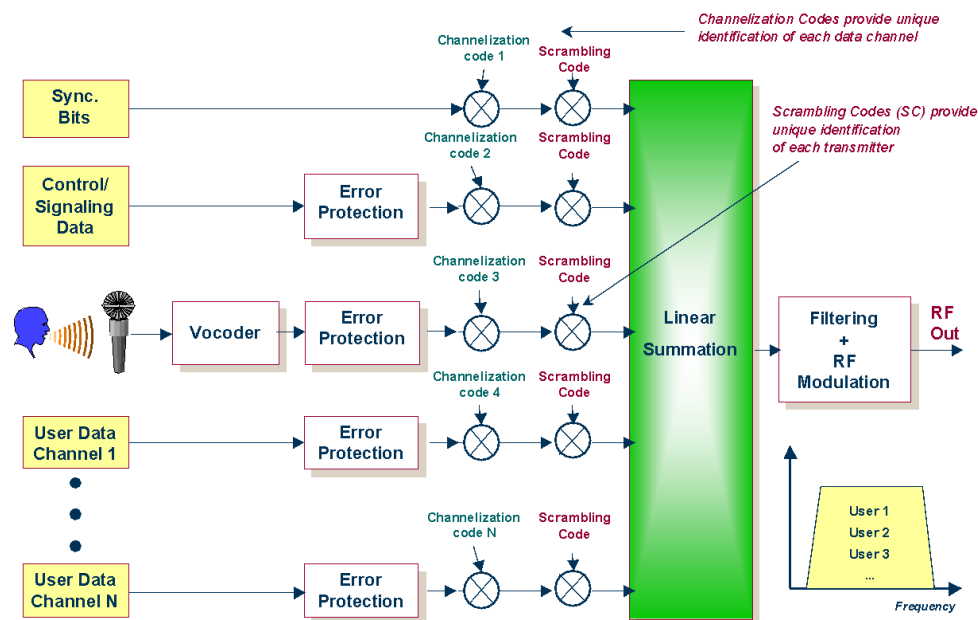
Αυτό το συνδυασμένο σήμα μεταδίδεται στη δίοδο εκπομπής της συσκευής. Αυτό επιτρέπει την μετάδοση κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης χρονικής στιγμής για ένα συγκεκριμένο χρήστη, με τον ίδιο τρόπο όπως ένα κουμπί «push-to-talk» χρησιμοποιείται σε ένα αμφίδρομο ασύρματο (walky-talky). Αυτό επιτρέπει σε πολλούς χρήστες να μοιράζονται τη ίδια συχνότητα αναθέτοντας ένα μοναδικό timeslot για τον καθένα.

Τέλος φιλτράρεται, εκτελείτε RF διαμόρφωση και το σήμα περνά στο σύστημα εκπομπής.

3.ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΠΟΜΠΟΥ WCDMA

3.1 WCDMA ΠΟΜΠΟΣ

Ο πομπός WCDMA μοιάζει με τον πομπό TDMA, με το συγχρονισμό, ελέγχου / σηματοδότησης και τα πολλαπλά κανάλια δεδομένων χρήστη. Ωστόσο, στην περίπτωση ενός πομπού WCDMA, ούτε χρόνος ούτε η συχνότητα χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό των διαφόρων χρηστών, αλλά οι κωδικοί, σε μια λειτουργία γνωστή ως εξάπλωση.



Σχήμα 3.1

Στην περίπτωση του πομπού TDMA τα κανάλια δεδομένων ήταν χρονικά περιπλεγμένα. Ωστόσο, ο πομπός WCDMA απλά πολλαπλασιάζει κάθε κανάλι σε διαφορετική δυαδική κώδικα γνωστό ως κώδικας Channelization. Αυτή η διαδικασία παρέχει τον αναγκαίο διαχωρισμό μεταξύ των καναλιών δεδομένων, τα οποία μπορούν στη συνέχεια απλώς να προστεθούν σε μια συσκευή άθροισης. Το αποτέλεσμα αυτού του μπλοκ είναι μια ψηφιακή ροή δεδομένων που περιέχει διαφορετικά λογικά επίπεδα ανάλογα με τον αριθμό των καναλιών που προστέθηκαν. Αν, για παράδειγμα, τα δύο ρεύματα δεδομένων που περιέχουν τα επίπεδα μεταξύ +1 και -1 αθροιστούν, θα περιέχουν μια ροή με τα επίπεδα μεταξύ +2 και -2. Τρεις ροές

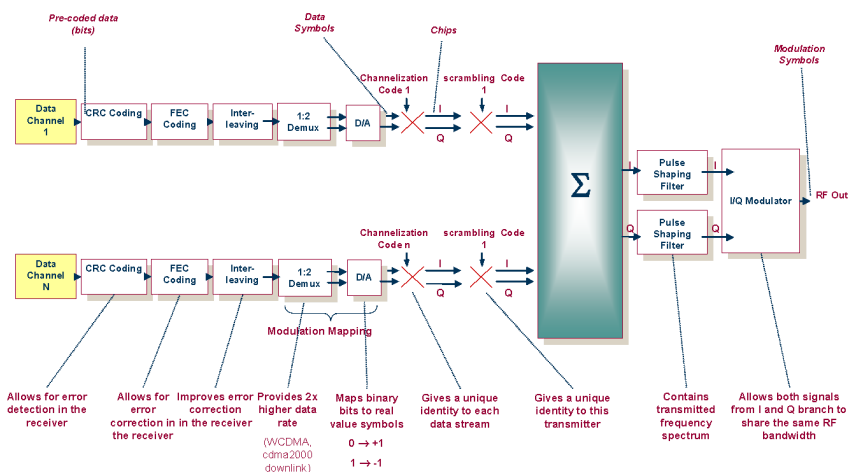
δεδομένων προστίθενται παράγον επιπέδα μεταξύ +3 και -3 και ούτω καθεξής. Στην πραγματικότητα, αυτό το ποικίλο επίπεδο, ανάλογα με τον αριθμό των καναλιών, δεν μπορεί να σταλεί στο διαμορφωτή έτσι ώστε κάθε κανάλι να διασφαλίσει ότι το συνδυασμένο αποτέλεσμα είναι ένα σταθερό επίπεδο. Αυτό εξηγεί γιατί η ενέργεια είναι διαμοιραζόμενος πόρος.

Ο πομπός WCDMA, χρειάζεται κάποια μέθοδο για να υπάρχει διαχωρισμός μεταξύ αυτού του σήματος και άλλων συστημάτων μετάδοσης, αλλά δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί Timeslots, όπως στην περίπτωση TDMA. Αυτός ο διαχωρισμός επιτυγχάνεται πολλαπλασιάζοντας το εν λόγω σύνθετο σήμα με ένα άλλο δυαδικό κώδικα που ονομάζεται κωδικός κρυπτογράφησης.

Το φιλτράρισμα και διαμόρφωση RF στη συνέχεια εκτελείται για να παράγει μια έξοδο RF που περιέχει όλες τις πληροφορίες από όλους τους χρήστες ταυτόχρονα στην ίδια συχνότητα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το διάγραμμα του πομπού δεν είναι ακριβές και θέλει απλώς να δείξει μερικά από τα κύρια σημεία της τεχνολογίας. Το επόμενο διάγραμμα πομπού, σχήμα 3.2, είναι πιο ρεαλιστικό.

Το σχήμα 3.2 δείχνει σχηματικά τα διάφορα μπλοκ που περιέχονται σε ένα πομπό WCDMA. Σημειώστε ότι ο 1:02 de-multiplexing τμήμα ισχύει μόνο στο downlink.



Για την ανίχνευση σφαλμάτων και την προστασία των σφαλμάτων των καναλιών δεδομένων που εκτελούνται χρησιμοποιείται Cyclic Redundancy Check (CRC) κωδικοποίηση, Forward Error Correction (FEC) και παρεμβολής. Θα πρέπει να θυμόμαστε ότι τα δεδομένα χρήστη θα μπορούσε να είναι φωνή από vocoder, δεδομένα χρήστη ή δεδομένα ελέγχου.

Στο επόμενο στάδιο θα εκτελέσουμε μια 1:2 αποπολύπλεξη (de-multiplexing) του stream(downlink μόνο). Αυτό διπλασιάζει το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων με τη λήψη ακόμη και όλων των κομματιών από το ρεύμα εισόδου και τη διάθεσή τους στο I-branch, και την λήψη όλων των περιττών bits στο Q-branch. Το βήμα αυτό γίνεται για να επωφεληθούμε από ένα σύστημα διαμόρφωσης RF γνωστό ως I / Q-modulation.

Τα δεδομένα στη συνέχεια μετατρέπεται από ένα δυαδικό σήμα που κυμαίνεται από 0 ή 1 σε μια πραγματική αξία σήματος μεταξύ -1 και +1.

Το προστατευμένο από σφάλματα σήμα στη συνέχεια πολλαπλασιάζεται με έναν συγκεκριμένο κωδικό Channelization να παραχθεί ο αναγκαίος διαχωρισμός των καναλιών. Αυτό είναι αναγκαίο γιατί όλα τα κανάλια θα προστεθούν μαζί, αφού θα παραχθεί μια σύνθετη ροή δεδομένων

Οι παρεμβολές του σήματος εκτελούνται έπειτα χρησιμοποιώντας ένα πολύπλοκο πολλαπλασιαστή, αποτελεσματικά χρησιμοποιώντας ένα ξεχωριστό κωδικό κρυπτογράφησης για το I-και Q-branches.Αυτός ο σύνθετος κώδικας κρυπτογράφησης παράγεται χρησιμοποιώντας μια γραμμική μετατόπιση στο register.

Τα κανάλια και στη συνέχεια αθροίζονται.

Μετά το pulse shape φιλτράρισμα, το I και το Q-branch περνάνε στο I/Q-modulator το οποίο θα παράγει μια έξοδο (RF) που μπορεί να τροφοδοτηθεί στο σύστημα κεραίας.

Κάθε ένα από αυτά τα στάδια εξηγείται με περισσότερες λεπτομέρειες στο υπόλοιπο του κεφαλαίου.

3.2 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΦΩΝΗΣ (VOICE CODING)

Σε απλή αναλογία για να εξηγήσουμε την έννοια της κωδικοποίησης φωνής χρησιμοποιούμε μια συναυλία σαξοφώνου.
Σχήμα 3.3



Σχήμα 3.3

Ας υποθέσουμε ότι έχετε τα εισιτήρια για μια συναυλία, αλλά διαπιστώνετε ότι την τελευταία στιγμή δεν μπορείτε να παρευρεθείτε. Μπορείτε να βρείτε στη συνέχεια κάποιον άλλον ο οποίος μπορεί να παραστεί στη θέση σας. Ωστόσο, αυτό το πρόσωπο σας προσφέρει δύο επιλογές. Αυτός / αυτή μπορεί να πάρει ένα recorder και να δημιουργήσει ένα CD της συναυλίας χρησιμοποιώντας ίσως 20 MB χώρου αποθήκευσης ανά τραγούδι ή να γράψει τις νότες που παίζονται, δημιουργώντας όγκο δεδομένων μόνο 20 KB ανά τραγούδι. Προφανώς η πρώτη επιλογή παράγει την καλύτερη δυνατή αναπαραγωγή της συναυλίας καθώς η δεύτερη επιλογή περιλαμβάνει κάποιος που παίζει τη μουσική από τις καταγεγραμμένες σημειώσεις.

Ωστόσο, εφόσον το πρόσωπο αυτό πρόκειται να σας χρεώσει για την ποσότητα των δεδομένων που απαιτούνται για κάθε επιλογή, το να διαλέξετε δεν είναι τόσο απλό.

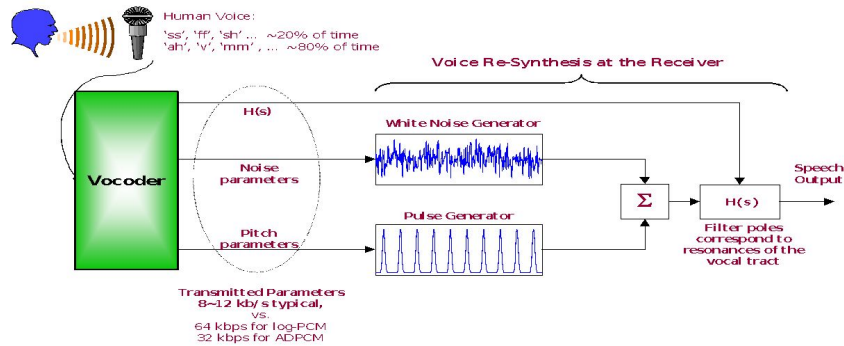
Στην περίπτωση των κινητών επικοινωνιών, όπου το εύρος ζώνης του συστήματος είναι σε υπερτίμηση, η δεύτερη επιλογή θα ήταν καταλληλότερη από όλους τους χρήστες να μοιράζονται το ίδιο εύρος ζώνης. Λιγότερο εύρος ζώνης ανά σύνδεση θα επιτρέψει περισσότερους χρήστες στο σύστημα.

Στα ασύρματα τηλεφωνικά συστήματα χρησιμοποιείται κωδικοποίηση διαμόρφωση Adaptive Differential Pulse Code (ADPCM) που προσφέρει 32 κανάλια kbps για κάθε σύνδεση, ενώ η κωδικοποίηση σε δίκτυα GSM, για παράδειγμα, χρησιμοποιεί ένα vocoder που απαιτεί μόνο ένα κανάλι δεδομένων με ρυθμό 13 kbps (full-rate).

Η ανθρώπινη ομιλία αποτελείται από δύο είδη ήχων: αυτών που παράγονται από τις φωνητικές χορδές, «ah», «v» και «mm», που αποτελούν περίπου το 80% του χρόνου και αυτών που παράγονται με τη διοχέτευση αέρα μέσα από τα δόντια, «ss», «FF», και «SH». Το μόνο που χρειάζεται είναι να περάσουν αυτοί οι ήχοι μέσα από το λαιμό, ο οποίος δρα ως φίλτρο και κάνει τον ήχο της φωνής διακριτικό. Το vocoder (Σχήμα 3.4) το μόνο που χρειάζεται είναι να στείλει το θόρυβο και τις pitch παραμέτρους μαζί με λεπτομέρειες για το συντονισμό του φίλτρου φωνητικής οδού (Hs). Αυτό μειώνει το εύρος ζώνης που απαιτείται για τη μετάδοση της φωνής.

Στο δέκτη η φωνή μπορεί να συντίθεται εκ νέου, συνδυάζοντας την έξοδο μιας γεννήτριας λευκού θορύβου και μιας γεννήτριας παλμών για να μιμηθούν τις φωνητικές χορδές. Αφού περάσει την έξοδο μέσα από το φίλτρο θα πρέπει να παραχθεί μια καλή αναπαράσταση της αρχικής φωνής.

Σχήμα 3.4



3.3 ACELP KAI Adaptive MultiRate

Ο τύπος της κωδικοποίησης φωνής που χρησιμοποιείται για WCDMA (Σχήμα 1 12) είναι ένας συνδυασμός της κωδικοποίησης που ονομάζεται Algebraic Code Excited Linear Predictive (ACELP), που χρησιμοποιεί αναφορές codebook για να αναπαραστήσει τους ήχους της ομιλίας και κωδικοποίηση Adaptive MultiRate (AMR) η οποία επιτρέπει στους διάφορους συντελεστές ομιλίας που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, ανάλογα με το περιβάλλον ή την εφαρμογή. Ένα άλλο χαρακτηριστικό αυτού του κωδικοποιητή είναι ότι ένα δείγμα του θορύβου αποστέλλονται περιοδικά στο δέκτη. Δεδομένου ότι οι περισσότερες συνομιλίες αποτελούνται από περίπου 50% σιωπής το δείγμα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναδημιουργήσουμε το θόρυβο του περιβάλλοντος, μειώνοντας έτσι την ποσότητα των δεδομένων που αποστέλλονται και ως εκ τούτου την αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος, δεδομένου ότι δεν θα υπάρχουν παρεμβολές που προκαλούνται κατά τη διάρκεια των περιόδων αδράνειας. Η διαδικασία χρησιμοποιεί ένα σύστημα κλειστού βρόχου, που συγκρίνει τον ήχο δείγμα της φωνής με ό, τι αποθηκεύεται υπό μορφή προβλεπόμενου κώδικα αναφοράς. Την έξοδο από αυτή τη διαδικασία θα αποτελέσει το σφάλμα μεταξύ των δύο και περνώντας μέσα από μια συσκευή συντελεστών στάθμισης που θα μιμούνται την ευαισθησία του ανθρώπινου αυτιού για να μετρήσει πόση παραμόρφωση θα παράγει αυτό το σφάλμα. Μετά την ανάλυση σφάλματος, ένα νέο codebook αναφοράς μπορεί να επιλέξει αυτό που πρέπει για να έχουμε καλύτερη αντιστοιχία με την εισερχόμενη ομιλία. Το κλειστό

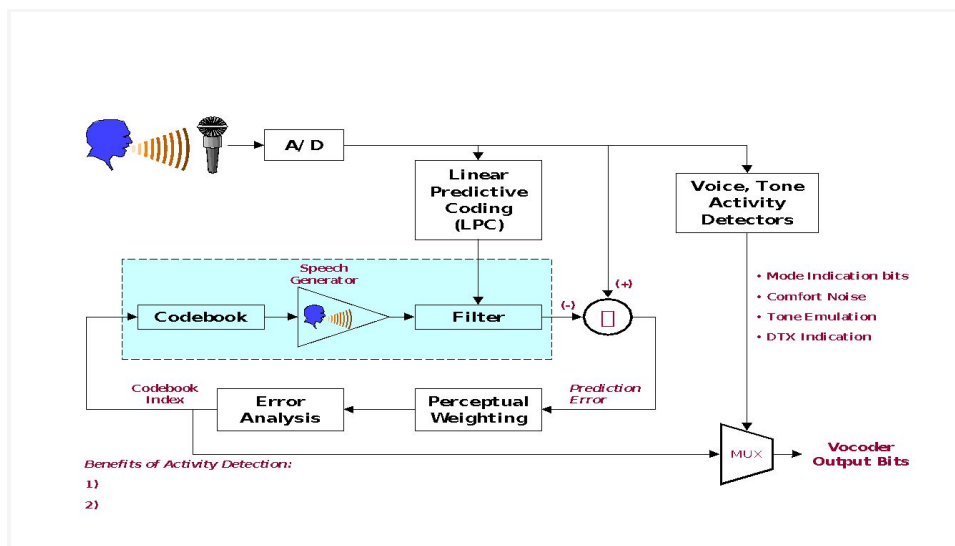
κύκλωμα θα πρέπει να παράγει μια πολύ στενή codebook αναφορά που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο δέκτη για να αναδημιουργήσει την ομιλία.

Ο δέκτης θα περιέχει απλά το ίδιο codebook, μια γεννήτρια ομιλίας και ένα φίλτρο.

Οι ανιχνευτές δραστηριότητας τόνου φωνής θα χρειαστούν την πολυπλεξία του θορύβου που θα χρησιμοποιηθεί στο δέκτη για περιόδους αδράνειας. Η ασυνεχής μετάδοση bits υποδεικνύει πότε να χρησιμοποιήσουμε αυτό το θόρυβο.

Τα δύο κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης ασυνεχούς μετάδοσης είναι:

- Λιγότερη ισχύς θα μεταδίδεται από το κινητό τους και επομένως λιγότερο παρεμβολή, με αποτέλεσμα να υπάρξει αύξηση της παραγωγικής ικανότητας.
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μπαταρίας κινητού.



Σχήμα3.5: ACELP Voice Coding

Η multi-rate κωδικοποίηση ομιλίας είναι μια ενιαία, ολοκληρωμένη κωδικοποίηση με οκτώ πηγαίες τιμές: 12.2 (GSM), 10,2, 7,95, 7,40, 6,70 (PDC), 5,90, 5,15 και 4,75 kbps. Τα ποσοστά AMR μπορούν να ελεγχθούν από το δίκτυο ασύρματης πρόσβασης. Για να διευκολύνει τη συμβατότητα με τα υπάρχοντα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας μερικοί από τους τρόπους είναι το ίδιοι με το υπάρχοντα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας. Η τεχνολογία AMR είναι σε θέση να αλλάζει το bitrate της κάθε 20 ms ανά πλαίσιο ομιλίας μετά από εντολή.

Σχήμα 3.6

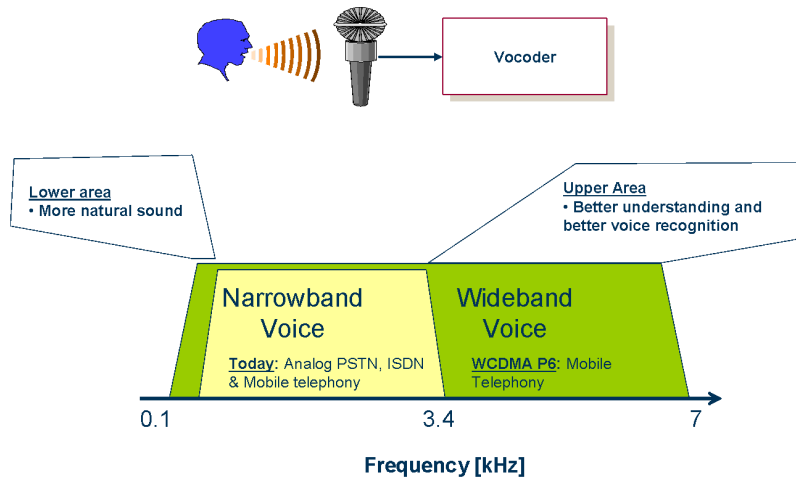
codec	GSM	AMR NB	AMR WB
12.2	12.2 FR	12.2	12.65
10.2	10.2 FR		8.85
7.95	7.95	7.95	
7.40	7.40		
6.70	6.70		6.6
5.90	5.90	5.90	
5.15	5.15		
4.75	4.74	4.74	

Ο ρυθμός μετάδοσης του AMR ελέγχεται από το δίκτυο ασύρματης πρόσβασης, ανάλογα με τη φόρτωση διεπαφή αέρα (airinterface) και την ποιότητα των συνδέσεων ομιλίας. Κατά τη διάρκεια της υπερφόρτισης, όπως κατά τη διάρκεια ωρών αιχμής, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί χαμηλότερο AMR bitrates για να προσφέρει μεγαλύτερη χωρητικότητα, παρέχοντας παράλληλα ελαφρώς χαμηλότερη ποιότητα ομιλίας. Επίσης, εάν το κινητό τρέχει έξω από την περιοχή κάλυψης των κυττάρων και με μέγιστη ισχύ εκπομπής της, το χαμηλότερο AMR bitrate μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επεκτείνει την περιοχή κάλυψης των κυττάρων. Το AMR περιέχει επίσης απόκρυψη λάθους. Ο σκοπός της αντικατάστασης πλαισίου είναι να αποκρύψει τις επιπτώσεις της απώλειας πλαισίων ομιλίας.

Αν χαθούν πολλά frames, η σίγαση χρησιμοποιείται για την πρόληψη από ενδεχόμενους ενοχλητικούς θορύβους, ως αποτέλεσμα αντικατάστασης του πλαισίου.

Σε P5, με AMR NB, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ποσοστά κωδικοποιητή ομιλίας που είναι χαμηλότερα από 12,2 kbps. Το δίκτυο υποστηρίζει επίσης 7,95 kbps, kbps και 5,9 kbps 4,75 κωδικοποίηση AMR. Δεν υπάρχει καμία προσαρμογή, υπό την έννοια ότι οι AMR κωδικοποιητές αλλάζουν κατά την διάρκεια μίας σύνδεσης ομιλίας. Υπάρχει όμως η δυνατότητα να προσαρμόζει το ρυθμό με την αρχική επιλογή.

Σχήμα 3.7



Στο R6 εισάγεται το WBAMR. Η συγκεκριμένη κωδικοποίηση ομιλίας χρησιμοποιεί ένα ευρύτερο φάσμα της φωνής προκειμένου να επιτευχθεί καλύτερη κατανόηση και πιο φυσικός ήχος. Αν και αυτό το χαρακτηριστικό θα πρέπει να συνδυαστεί με το TranscoderFreeoperation (TrFO). Αυτό σημαίνει απλά ότι πρέπει να είναι μεταξύ κινητών διότι σε αντίθετη περίπτωση ο κωδικοποιητής του δικτύου κορμού θα μειώσει το εύρος ζώνης των δεδομένων.

4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ CRC, FEC, VITERBIDE CODING, BLOCK INTERLEAVING, TURBOCODES

4.1 ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ - CRC και FEC ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

Σε όλα τα ραδιοσυστήματα το η διεπαφή με τον αέρα (airinterface) θα προσθέσει θόρυβο στο σήμα. (σχήμα 415). Αυτό θα προκαλέσει αλοίωση στον λαμβανόμενο σήματος. Στην περίπτωση ενός αναλογικού κυψελοειδούς συστήματος, η διόρθωση των σφαλμάτων εκτελείτε με το ανθρώπινο αυτί, του λαμβανόμενου σήματος και του θορύβου. Ωστόσο, σε ψηφιακά συστήματα δεν έχουμε αυτήν την πολυτέλεια. Ο θόρυβος θα οδηγήσει σε λάθη των bit, δηλαδή, αυτό που έφυγε από τον πομπό ως λογικό 1 θα μπορούσε να ερμηνευθεί ως 0, αν η στάθμη του θορύβου μειώσει το πλάτος κάτω από το όριο του 1 με του 0. Το ίδιο θα μπορούσε να γίνει στην περίπτωση που μεταδίδαμε 0 και να ερμηνευθεί 1.

Τα ψηφιακά συστήματα πρέπει να έχουν κάποια μέθοδο για να ξεπεραστούν αυτά τα λάθη.

Analog Cellular



Digital Cellular



(Σχήμα 4.1):DigitalCellularErrorCorrection

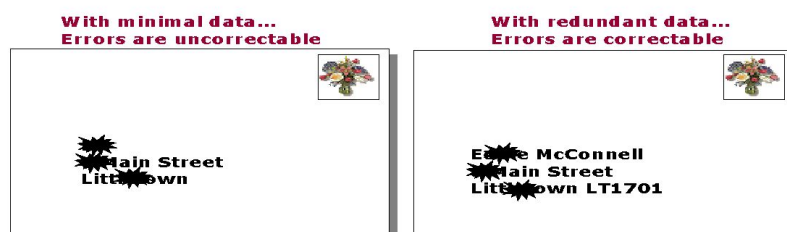
Η έννοια αυτή μπορεί να σχετίζεται με την διευθυσιότητα των φακέλων. Η διεύθυνση στα αριστερά (Σχήμα 1.16) περιέχει πληροφορίες αυτές αρκούν για να φτάσει στον προορισμό. Ο φάκελος σχετικά με το δικαίωμα περιέχει μερικά περιττά ή πλεονάζοντα δεδομένα. Ο φάκελος στα δεξιά περιέχει μερικά περιττά ή πλεονάζοντα δεδομένα.

Αν και οι δύο φάκελοι υποβλήθηκε το ίδιο ποσό λαθών η μία στα αριστερά θα είναι ανεπίδοτη. Ωστόσο, τα στοιχεία που περισσεύουν στο δεξί χέρι θα του επιτρέψει να παραδοθεί.

Μια διαδικασία που παράγει την προστασία λάθους χωρίς την αύξηση του εύρους ζώνης ,απαιτείτε για τις κυτταρικές μεταδόσεις.

● Example: Mailing a letter

- Extra (redundant) symbols in address help correct lost symbols
- ZIP codes used to detect errors in the address



Σχήμα 4.2:Digital Cellular Error Correction.Παράδειγμα: Ταχυδρόμηση ενός γράμματος στις ΗΠΑ. Τα περιττά σύμβολα στην διεύθυνση βοηθούν τα σωστά

σύμβολα. Οι ταχυδρομικοί κώδικες χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό σφαλμάτων στη διεύθυνση.

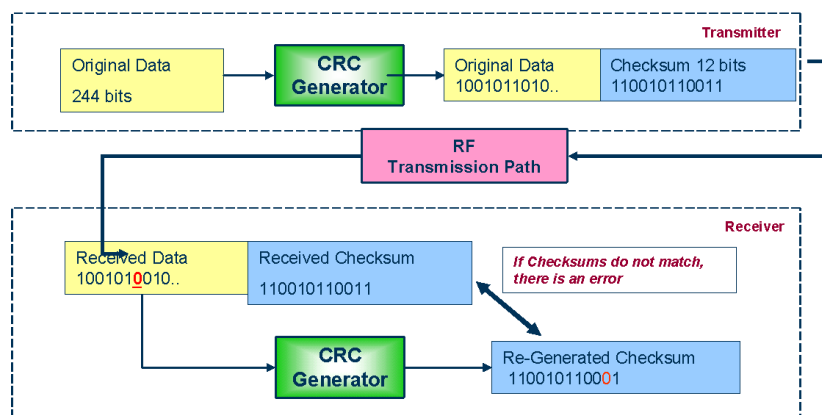
4.2 CRC

Κυκλικός Έλεγχος πλεονασμού (CyclicRedundancyCheck) χρησιμοποιείται για να εντοπίσει αν υπάρχουν τυχόν αδιόρθωτα λάθη μετά τη διόρθωση σφαλμάτων. Τα μπλοκ των δεδομένων που πέρασαν μέσω μιας γεννήτριας CRC(Σχήμα 1-16), η οποία θα εκτελέσει μια μαθηματική διαίρεση στα δεδομένα παράγοντας υπόλοιπο ή checksum. Αυτό προστίθεται στο μπλοκ των δεδομένων και μεταδίδεται.

Το ίδιο γίνεται διαίρεση με το μπλοκ των δεδομένων στο δέκτη. Εάν παραχθεί ένα διαφορετικό checksum, ο δέκτης θα γνωρίζει ότι υπάρχει σφάλμα στο μπλοκ των δεδομένων (εναλλακτικά, υπάρχει σφάλμα στο λαμβανόμενο checksum). Αυτή η γνώση χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό BlockErrorRatio (BLER) που χρησιμοποιείται στον εξωτερικό έλεγχο ισχύος βρόχου.

Όσο περισσότερο το άθροισμα, τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια της διαδικασίας. Στο παράδειγμα, το άθροισμα έχει μήκος δώδεκα bits. Δώδεκα bits της δυαδικής πληροφορίας συνιστούν 4096 (2¹²) διαφορετικούς συνδυασμούς. Θα μπορούσαμε να φανταστούμε ότι διάφοροι συνδυασμοί των λαθών στα δεδομένα και το checksum θα παράγουν το ίδιο άθροισμα ελέγχου. Όσο περισσότερο το άθροισμα τόσο λιγότερο πιθανό είναι να συμβεί.

- Cyclic-Redundancy Check (CRC) Coding
 - Identifies corrupted data
 - CRC is used for checking BLER (Block Error Ratio) in the outer loop power control



Σχήμα 4.3: CRCCoding

Οι προδιαγραφές WCDMA (Σχήμα 1 18) καθορίζουν μια σειρά από μήκη checksum που κυμαίνονται από 0 έως 24 bit. Το PKZIP, χρησιμοποιείται για τη συμπίεση αρχείων στη βιομηχανία των υπολογιστών, χρησιμοποιεί 32-bitchecksum για μεγαλύτερη ακρίβεια.

3GPP TS 25.212# 4.2.1.1

- **CRC Algorithms**
 - 0, 8, 12, 16, or 24 parity bits (determined by upper layers)
 - $g(\text{CRC24}) = D^{24} + D^{23} + D^6 + D^5 + D + 1$
 - $g(\text{CRC16}) = D^{16} + D^{12} + D^5 + 1$
 - $g(\text{CRC12}) = D^{12} + D^{11} + D^3 + D^2 + D + 1$
 - $g(\text{CRC8}) = D^8 + D^7 + D^4 + D^3 + D + 1$

Σχήμα 4.4 Αλγόριθμοι CRC, bits ισοτιμίας

4.3 FEC

Το επόμενο μέρος του πομπού είναι η Εμπρόσθια Διόρθωση Λάθους (ForwardErrorCorrection). Η λειτουργία αυτού του μπλοκ είναι να βοηθήσει το δέκτη να διορθώσει σφάλματα των bits που προκαλούνται από τη διεπαφή αέρα (airinterface). Μια μέθοδος για τη διόρθωση αυτών των λαθών θα μπορούσε να είναι να στέλνει τις πληροφορίες πολλές φορές (Σχήμα 1 19). Υπό την προϋπόθεση ότι αυτό είναι περισσότερο από δύο φορές, ο δέκτης μπορεί να επιλέξει ποιο μήνυμα είναι πιο σωστό (“bestoutofthree” decision). Όσο περισσότερες φορές τα δεδομένα διαβιβάζονται τόσο καλύτερη είναι η προστασία λάθος. Ωστόσο, το εύρος ζώνης αυξάνεται αναλογικά. Αυτό που απαιτείται είναι ένα σύστημα που παρέχει προς τα εμπρός τη διόρθωση των σφαλμάτων με την ελάχιστη αύξηση του εύρους ζώνης.

**Send
message
many times?**

010010110,
010010110,
010010110,
010010110,
010010110,
...

**Forward
Error
Correction!**



Up to 6x data expansion...
But the most powerful results

Σχήμα 4.5 : Κωδικοποίηση FEC. Πώς να διορθώσει τα λάθη στο δέκτη;

Υπάρχουν διαθέσιμοι δύο βασικοί τύποι του FEC, μπλοκ ή συνεχών κωδικών.

-Block Codes (Hamming Codes, BCH Codes, Reed-Solomon Codes)

Data is processed into unique Codewords

Each Codeword can be positively identified even if one or more bits are corrupted

Example: "Little Town" is a code word for "LT".

-Continuous Codes (Convolutional Codes, Turbo Codes)

Data is processed continuously through FEC generator

Resulting data stream has built-in redundancy that can be extracted to correct bit errors

Σχήμα 4.6 : Κωδικοποίηση FEC προσεγγίσεις

Οι Block Κωδικοί λειτουργούν με την επεξεργασία των δεδομένων σε μοναδικές κωδικές λέξεις. Αυτό είναι παρόμοιο με τη μετάδοση «Νέα Υόρκη» να αντιπροσωπεύετε από το «NYC». Τα περιττά κομμάτια παρέχουν τη διόρθωση λάθους. Δεδομένου ότι αυτός ο τύπος του συστήματος λειτουργεί σε τμήματα δεδομένων, δεν είναι κατάλληλο για μεταδόσεις συνομιλίας. Οι συνεχής κώδικες, όπως είναι οι συνελκτικοί κώδικες και οι κώδικες turbo, από την άλλη πλευρά, παράγονται συνεχώς καθώς τα δεδομένα τροφοδοτούνται με το FEC. Το αποτέλεσμα θα περιέχει περιττά κομμάτια που βοηθούν στο να διορθώσει τα λάθη.

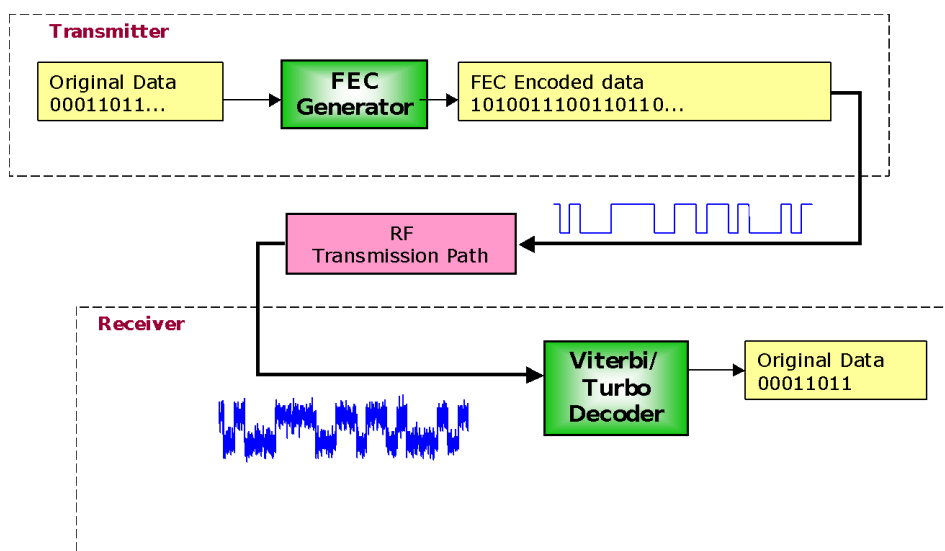
- IS-95, cdma2000, and WCDMA utilize Convolutional Codes for the services speech and signaling
 - Powerful error correction
 - Simple implementation allows low-latency, real-time processing
- cdma2000 and WCDMA utilize Turbo Codes for all other services
 - Most powerful error correction
 - More processing power (MIPS) required for decoding

Σχήμα 4.7 WCDMA FEC προσεγγίσεις

Το WCDMA θα χρησιμοποιεί συνελκτικές κωδικοποίησης για τα χαμηλό datarate όπως η χαμηλή καθυστέρηση και επεξεργασίες πραγματικού χρόνου όπως ομιλία και σηματοδοσία. Για όλες τις άλλες υπηρεσίες, όπως καθυστερήσεις και επεξεργαστική ισχύ δεν είναι πρόβλημα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί turbo κωδικοποίηση. Αυτό το είδος της κωδικοποίησης δίνει πολύ καλύτερη απόδοση διόρθωση λαθών από τις παραδοσιακές μεθόδους.

4.4 ΣΥΝΕΛΙΚΤΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

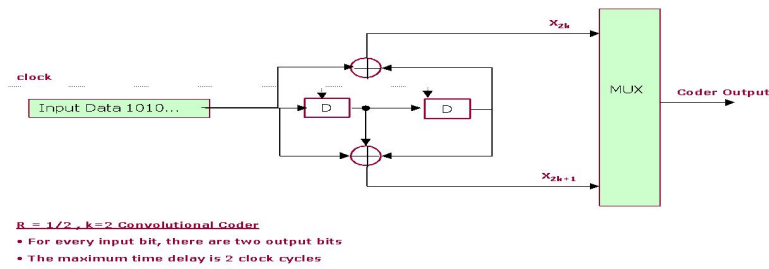
Το σχήμα 4.8 δίνει μια υψηλού επιπέδου επισκόπηση της λειτουργίας του συνελικτικού κωδικοποιητή.



Σχήμα 4.8 : Κωδικοποίηση FEC: Ο συνελικτικός κωδικοποιητής

Το αρχικά δεδομένα τροφοδοτούν τη γεννήτρια FEC, η οποία στην περίπτωση αυτή παράγει διπλάσια ποσότητα δεδομένων. Ένας κωδικοποιητής που παράγει αυτή την αύξηση, δηλαδή δύο bit εκτός για ένα Bit εντός, είναι γνωστός ως αναλογιστικός κωδικοποιητής $1/2$. Ένας που παράγει τρία bit εκτός για ένα εντός είναι γνωστός ως αναλογιστικός κωδικοποιητής $1/3$. Αυτή η έξοδος δεν είναι απλά επαναλαμβανόμενα δεδομένα της εισόδου γιατί θα υποβληθεί πάνω σε αυτό θόρυβος από την διαδρομή μετάδοσης RF.

Στο δέκτη, χρησιμοποιείται μια συσκευή γνωστή ως «ViterbiDecoder» για να διορθώσει αυτά τα λάθη και να ανακτήσει τα αρχικά δεδομένα. Η συσκευή λειτουργεί με τη λήψη του πραγματικού επιπέδου των δεδομένων και την εκτίμηση αν αυτό ήταν ένα 1 ή 0, όταν έφυγε από τον πομπό, αντί της χρήση τωναορίων 1 και 0.



Σχήμα 4.9: Παράδειγμασυνελικτικής κωδικοποίησης.

Το σχήμα 4.9 δείχνει πώς ένας απλός συνελικτικός κωδικοποιητής θα μπορούσε να δημιουργηθεί με δύο καταχωρητές ολίσθησης, δύο πύλες XOR και ένα πολυπλέκτη. Για κάθε εισαγωγή δεδομένων θα υπάρχουν δύο bits εξόδου παράγοντας X_{2k} και X_{2k+1} .

Σχήμα 4.10

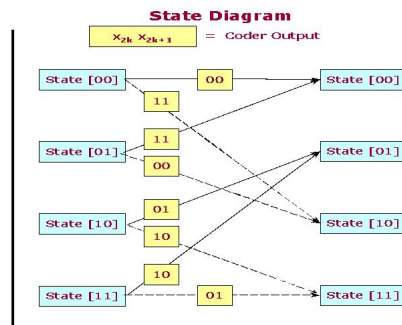
● **FEC Coding: Example**

$$X_{2k} = (D_k) \text{ XOR } (D_{k-2})$$

$$X_{2k+1} = (D_k) \text{ XOR } (D_{k-1}) \text{ XOR } (D_{k-2})$$

Clock Cycle	Current Input	Delayed Inputs		Outputs	
	D_k	D_{k-1}	D_{k-2}	X_{2k}	X_{2k+1}
1	0	0	0	0	0
2	1	0	0	1	1
3	0	1	0	0	1
4	1	0	1	0	0
5	1	1	0	1	0
6	1	1	1	0	1
7	0	1	1	1	0
8	0	0	1	1	1

STATE

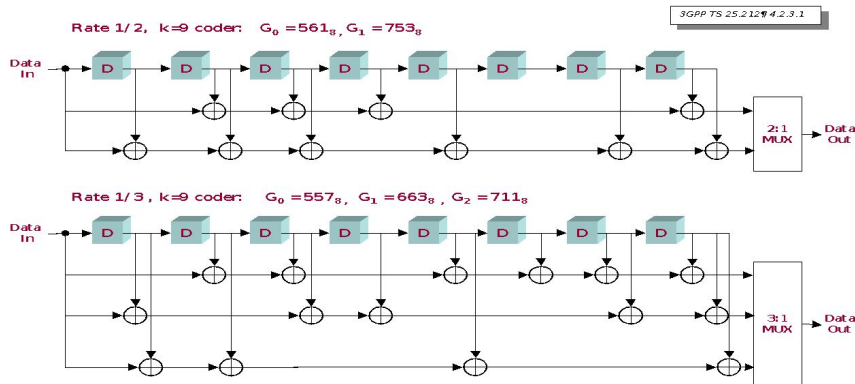


Το X_{2k} θα απαρτίζεται από το παρόν bit εισόδου D_k , αποκλειστική OR'd με το διπλάσιο προηγούμενο bit εισόδου (D_{k-2}). Το X_{2k+1} θα είναι αποκλειστική OR'd με το τελευταίο bit εισόδου (D_{k-1}) και δύο φορές το προηγούμενο bit D_{k-2} .

Το Σχήμα 4.10 δείχνει ποιές θα είναι οι έξοδοι για μια ροή δεδομένων εισόδου 0,1,0,1,1,1,0,0. Επίσης, εμφανίζεται ένα διάγραμμα καταστάσεων για αυτή τη λειτουργία. Λαμβάνοντας το παρόν και το προηγούμενο bit σαν την κατάσταση εισόδου, οι επιλογές για την αποστολή δύο bits των δεδομένων μειώνεται από (22) τέσσερα μόνο σε δύο. Αυτή είναι η δύναμη πίσω από τον αποκωδικοποιητή από τα δύο bits δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την σηματοδότηση της αλλαγής κατάστασης στην είσοδο, η οποία μπορεί να είναι μόνο μία από τις δύο επιλογές.

Η συνελκτική κωδικοποίηση εφαρμόζεται για τις συνήθεις υπηρεσίες που απαιτούν BERs έως και 10^{-3} , πράγμα που συμβαίνει για εφαρμογές φωνής. Ο περιορισμός του μήκους για τις προτεινόμενα συνελκτικά συστήματα κωδικοποίησης είναι 9. Τόσο με ρυθμό $1/2$ όσο και με $1/3$ το ποσοστό συνελκτικής κωδικοποίησης έχει καθοριστεί. Η turboκωδικοποίηση απαιτείται για υψηλής ποιότητας εφαρμογές που απαιτούν BERs για 10^{-3} με 10^{-4} . Οι συνελκτικοί κώδικες συνήθως περιγράφεται με δύο παραμέτρους, το k/n του κώδικα και το μήκος του περιορισμού. Το k/n του κώδικα, k/n , εκφράζεται ως ο λόγος του αριθμού των bits εισόδου στον συνελκτικό κωδικοποιητή (k) με τον αριθμό των συμβόλων του καναλιού εξόδου από τον συνελκτικό κωδικοποιητή (n) σε ένα δεδομένο κύκλο κωδικοποίησης.

Ο περιορισμός του μήκους της παραμέτρου K , δηλώνει το μήκος της συνελκτικού κωδικοποιητή, που είναι πόσα k -bit στάδια είναι διαθέσιμα για να τροφοδοτήσει την συνδυαστική λογική που παράγει τα σύμβολα εξόδου. Στενά συνδεδεμένη με την K είναι η παράμετρος m , η οποία δείχνει για πόσους κύκλους κωδικοποίησης ένα κομμάτι εισόδου διατηρείται, και χρησιμοποιήστε για την κωδικοποίηση, αφού εμφανίζεται για πρώτη φορά στην είσοδο του συνελκτικού κωδικοποιητή. Η παράμετρος m μπορεί να θεωρηθεί ως η μνήμη του μήκος του κωδικοποιητή.



Σχήμα 4.11: Συνελκτικές γεννήτριες κώδικα

4.5 VITERBI ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Η Viterbi διαδικασία αποκωδικοποίηση (Σχήμα 4.12) μπορεί να περιγραφεί με τα ακόλουθα βήματα:

1. Υπολογίστε BranchMetric για κάθε πιθανή κατάσταση μετάβασης

$$BM = (|R_1 - T_1| + |R_2 - T_2|)^2$$

R_1, R_2 = ληφθέντες τιμές δεδομένων

T_1, T_2 = τιμές μεταδιδόμενων δεδομένων

2. Υπολογίστε το Συγκεντρωτικό pathMetric.

MetricPath είναι το άθροισμα των N προηγούμενων BranchMetrics
(N είναι το βάθος της μνήμης Viterbi αποκωδικοποιητή)

3. Υπολογίστε το survivingpath.

Το survivingpath είναι το μονοπάτι με το χαμηλότερο PathMetric.

4. Εξαγωγή της error-corrected data.

Η error-corrected σειρά δεδομένων είναι ίσος με το πρώτο bit του κώδικα κάθε κατάστασης κατά μήκος του surviving μονοπατιού.

Viterbi Decoding Process:

1) Calculate Branch Metric for each possible state transition

$$BM = |R_1 - T_1|^2 + |R_2 - T_2|^2$$

R_1, R_2 = Received data values

T_1, T_2 = Transmitted data values

2) Calculate Cumulative Path Metric

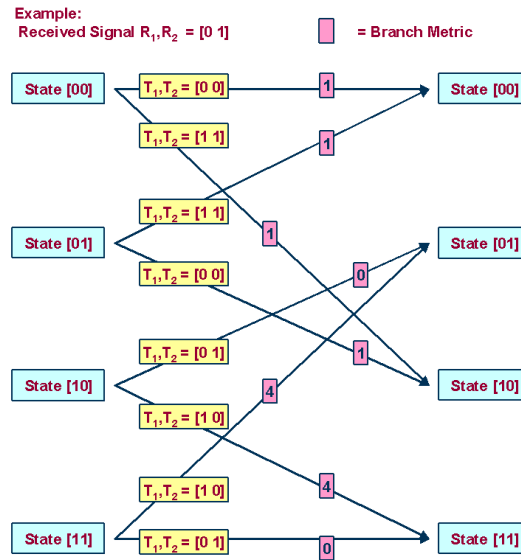
Path Metric is sum of "N" previous Branch Metrics (N is memory depth of Viterbi Decoder).

3) Calculate surviving Path

The surviving path is the path with the lowest Path Metric.

4) Extract the error-corrected Data

The error-corrected data sequence is equal to the first bit of each state code along the surviving path

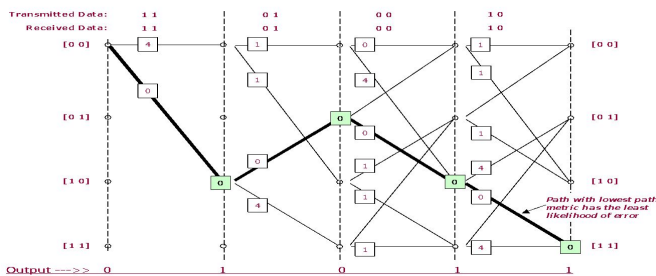


Σχήμα 4.12: Viterbi αποκωδικοποιητής

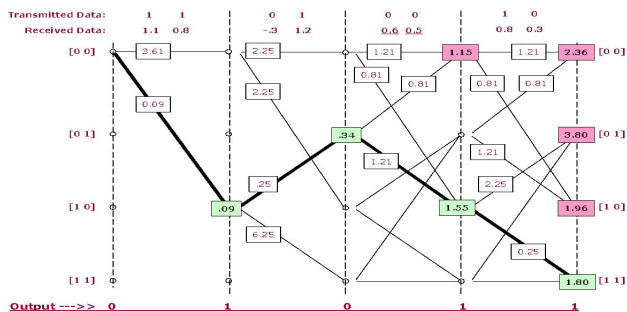
Ο αποκωδικοποιητής Viterbi είναι χτισμένο στην κορυφή ενός πλεγματοειδούς δέντρου που αποτελείται από φάσεις και μεταβάσεις. Η βασική λειτουργία των branchmetric υπολογισμών βασίζεται στην επιλογή μονοπατιού και στην αναγωγή. Η branchmetric επεξεργασία συμπεριλαμβάνει των υπολογισμό τιμών του $2k$ (k = περιορισμός μήκους) για κάθε λαμβάνον bit. Στο παράδειγμα που αναφέρθηκε παραπάνω, $k = 2$ το οποίο μας αφήνει με τέσσερις διαφορετικές καταστάσεις. Για κάθε κατάσταση, υπάρχουν μόνο δύο δυνατότητες, ή 0 ή 1. Αν το λαμβανόμενο σήμα είναι [01] τότε αρχική μας κατάσταση είναι [10] και η επόμενη κατάσταση είναι [01], ή η αρχική κατάσταση είναι [11] και η επόμενη κατάσταση είναι [11]. Αυτό ισχύει από το branchmetric υπολογισμό που είναι ελάχιστη για αυτές τις μεταβάσεις ($BM = 0$). Οι τέσσερις πιθανές καταστάσεις του κωδικοποιητή απεικονίζεται ως τέσσερις σειρές από οριζόντιες κουκκίδες. Υπάρχει μία στήλη από τέσσερα σημεία για την αρχική κατάσταση του κωδικοποιητή και μία για κάθε χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια του μηνύματος. Για ένα μήνυμα 4-bit με δύο bits μνήμης κωδικοποιητή, θα πρέπει να υπάρχουν έξι χρονικές στιγμές εκτός από $t = 0$, η οποία αντιπροσωπεύει την αρχική κατάσταση του κωδικοποιητή. Πρέπει να καταστεί σαφές ότι, από την αρχική φάση του κωδικοποιητή έχουμε την κατάσταση [00], και τα δύο memory flushing bits είναι μηδενικά, ξεκινά σε κατάσταση [00] και καταλήγει στην ίδια.

Κάθε φορά που λαμβάνετε ένα ζευγάρι συμβόλων καναλιού, θέλουμε να υπολογίσουμε ένα μετρικό (metric) για να μετρήσουμε την "απόσταση" ανάμεσα στο τι παραλάβαμε και όλα τα δυνατά ζεύγη συμβόλων που θα μπορούσαμε να είχαμε

λάβει. Το πρώτο ζευγάρι συμβόλων καναλιού μπορεί να είναι είτε 00 ή 11. Αυτό ισχύει επειδή ξέρουμε ότι ο συνελκτικός κωδικοποιητής είχε αρχικοποιηθεί με την κατάσταση μηδέν και με δεδομένο εισόδου ένα bit 1 ή 0. Στο δεύτερο ζευγάρι συμβόλων καναλιού branchmetric υπολογίζεται για τέσσερις διαφορετικές δυνατότητες (possibilities). Για κάθε μετάβαση το branchmetric αποτέλεσμα προστίθεται στο επόμενο αποτέλεσμα της μετάβασης. Η λειτουργία της προσθήκης της προηγούμενης μετρικής συσσωρεύσης λάθους στο νέο branchmetric, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα, και επιλέγοντας τη μικρότερη τιμή που πρέπει να διατηρηθεί για την επόμενη στιγμή αποκαλείται λειτουργία add-compare-select. Το σχήμα 1 27 δείχνει ένα άνευ θορύβου παράδειγμα, όπου το λαμβανόμενο σήμα είναι ένας καθαρός συνδυασμός από 1s και 0s.



Σχήμα 4.13: Viterbi αποκωδικοποίηση, χωρίς θόρυβο



Σχήμα 4.14: Viterbi αποκωδικοποίησης, με θόρυβο.

Το σχήμα 4.14 δείχνει πως ο αποκωδικοποιητής Viterbi ανακτά ένα θορυβώδες σήμα δεδομένων εύκολα. Σημειώστε ότι η διαδρομή μέσα από το δίκτυο του πραγματικά μεταδιδόμενου μηνύματος, εμφανίζονται με έντονους χαρακτήρες και συνδέεται με το λάθος συσσωρευμένο μετρικό. Η διαδικασία αποκωδικοποίησης ξεκινά με την οικοδόμηση του συσσωρευμένου error metric για έναν αριθμό από αφιχθέντα ζευγάρια συμβόλων καναλιού. Σε κάθε βήμα, συγκεντρώνει το μικρότερο συσσωρευμένο error metric από την προηγούμενη κατάσταση. Κοιτάζοντας το βήμα 3 στο παραπάνω παράδειγμα, η διαδρομή από την κατάσταση [01] έως [00] είναι μικρότερη από την διαδρομή [01] έως [10], αλλά η δεύτερη διαδρομή είναι αυτή που έχει επιλεγεί. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η πραγματική διαδρομή που καθορίζει το μεταδιδόμενο σήμα των δεδομένων θα πρέπει να επισημανθεί, μετά τον υπολογισμό του error metric μέχρι το τέλος του μηνύματος σηματοδοσίας για όλες τις πιθανές διαδρομές. Στη συνέχεια επιλέγεται η διαδρομή με το μικρότερο μετρικό σφάλματος(error metric).

4.6 ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ

Πολλές επιπτώσεις ραδιομετάδοσης όπως η αντανάκλαση μπορεί να εξασθενήσει την μετάδοση του μεταδιδόμενου σήματος. Σχήμα 4.15.

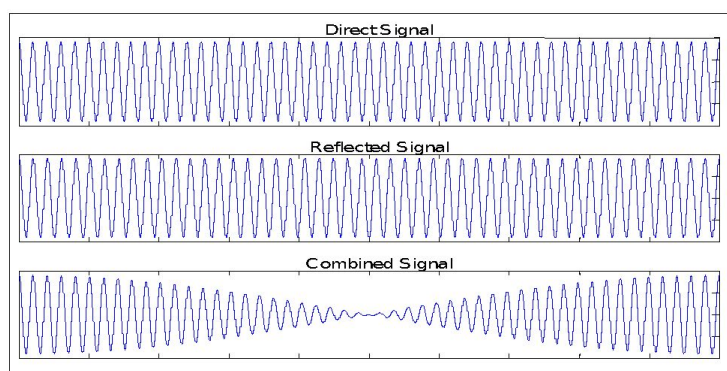


Σχήμα 4.15: Multipath Fading. Το λαμβανόμενο σήμα περιέχει πολλά αντίγραφα σε σχέση με το χρόνο.

Αυτό συμβαίνει όταν η κυματική διάδοση αντανακλά σε ένα αντικείμενο το οποίο είναι μεγάλο σε σχέση με το μήκος κύματος, για παράδειγμα, η επιφάνεια της γης, κτίρια, τοίχους, κλπ.. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται multipath και έχει πολλές επιπτώσεις, και είναι οι εξής:

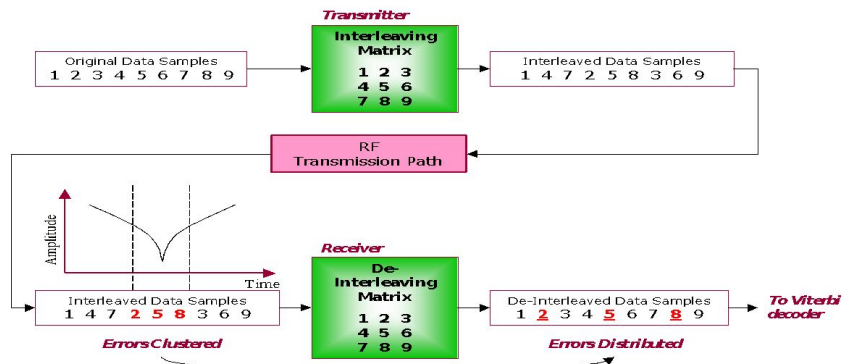
- Οι ραγδαίες αλλαγές στην ισχύ του σήματος σε μια μικρή περιοχή ή στο ενδιάμεσο διάστημα
- Η τυχαία διαμόρφωση συχνότητας οφείλεται σε διαφορετικές αλλαγές φαινομένου Doppler με διαφορετικά σήματα (multipath).
- Η χρονική διασπορά προκαλείται από τις multipath καθυστερήσεις διάδοσης.

Multipath απόδοση διάδοση διαδρομής σήματος, διαφορετικού μήκους με διαφορετικούς χρόνους από την άφιξη στο δέκτη. Οι τυπικές τιμές των χρονικών καθυστερήσεων (μs) είναι 0,2 σε ανοικτό περιβάλλον, 0,5 σε προάστιο και 3 σε αστικό περιβάλλον.



Σχήμα 4.16: εξασθένηση πολλαπλών διαδρομών.

Ο συνδυασμός της άμεσης και της out-of-phase ανακλώμενων κυμάτων στο δέκτη παράγει εξασθενημένο σήμα. Αυτή η εξασθένηση μπορεί να οδηγήσει σε σφάλματα των bit που εμφανίζονται σε διαδοχικά σύνολα δεδομένων. Ως αποτέλεσμα, ο αποκωδικοποιητής Viterbi δεν ανακτά αυτά τα λάθη. Η λύση για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα είναι να χρησιμοποιήσετε μια τεχνική block-interleaving όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.17.



Σχήμα 4.17 :BlockInterleaving.

Ένα ασύρματο κανάλι παράγει έκρηξη λαθών. Οι συνελκτικοί κώδικες είναι πιο αποτελεσματικοί κατά των τυχαία σφάλματα, η παρεμβολή χρησιμοποιείται για να τυχαιοποιήσουμε την έκρηξη λαθών. Το σύστημα παρεμβολής μπορεί να είναι είτε blockinterleaving ή convolutionalinterleaving. Συνήθως το block interleaving χρησιμοποιείται στις κυτταρικές εφαρμογές. Το πρώτο βήμα στην Interleaving καθορίζεται από τις απαιτήσεις καθυστέρησης της υπηρεσίας. Η υπηρεσία ομιλίας για παράδειγμα, χρησιμοποιεί 20 ms της Interleaving kbps και 384 PS χρησιμοποιεί 10 ms της παρεμβολής (Σχήμα 1 32). Διαφορετικές υπηρεσίες και σηματοδοσίες πολυπλέκονται μαζί σε ένα φυσικό κανάλι μετά από την κατάτμηση του πλαισίου και στη συνέχεια σε ένα δεύτερο επίπεδο της παρεμβολής που χρησιμοποιείται είναι πάντα 10 ms το πολύ.

3GPP TS 25.212 § 4.2.5. 4.2.11

- **Interleaving**

- 1st-Stage Interleaver
 - Performed prior to service multiplexing
 - Interleaving depth of 1, 2, 4, or 8 columns. (10,20,40 or 80 ms)
- 2nd-Stage Interleaver
 - Performed after service multiplexing
 - Interleaving depth of 30 columns (always 10 ms)

Σχήμα 4.18 : 1ο και 2ο interleaver

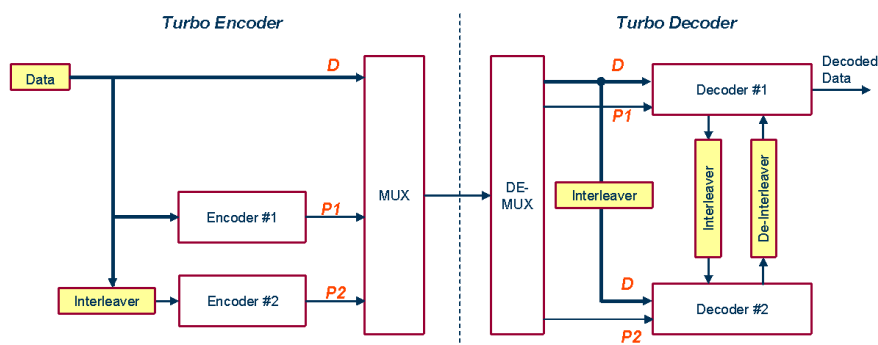
4.7 Turbo ΚΩΔΙΚΕΣ

Στους turbo κώδικες πρόσφατα εισήχθησαν παράλληλα αναδρομικότητα και συστηματική συνελκτικοί κώδικες. Αυτοί οι κώδικες χρησιμοποιούνται για την κωδικοποίηση καναλιού και την αποκωδικοποίηση προκειμένου να ανιχνεύουν και να διορθώνουν τα λάθη που συμβαίνουν στη μετάδοση των ψηφιακών δεδομένων μέσω διαφόρων διαύλων .

Η επαναληπτική μέθοδος του συστήματος αποκωδικοποίησης βοηθά να επιτευχθεί το θεωρητικό όριο (nearShannon-limit) όσον αφορά τις επιδόσεις διόρθωση λάθους. Κάθε αποκωδικοποιητής χρησιμοποιεί τα δεδομένα που έλαβε και τα εξωγενή στοιχεία που έχουν παραδοθεί από τον προηγούμενο αποκωδικοποιητή για να δώσει αποκωδικοποιημένα δεδομένα και νέα εξωγενή στοιχεία. Η παρεμβολή βοηθά τους αποκωδικοποιητές να βελτιώσουν την ικανότητα διόρθωσής τους, κρατώντας τα εξωγενή στοιχεία με τα δεδομένα που έλαβε un-correlated(ασυσχέτιστα).

Η δομή του Turbo κώδικα βασίζεται σε ένα συνδυασμό δύο ή περισσότερων αδύναμων κωδικών ελέγχου σφαλμάτων Σχήμα 4.19

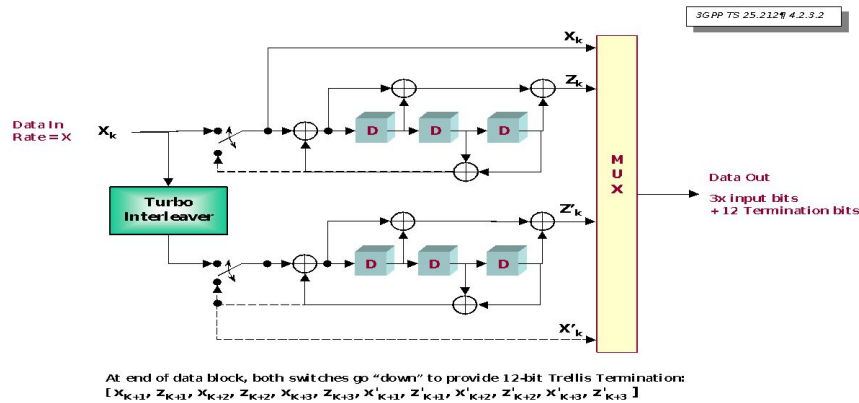
- Outperform Convolutional codes
 - Requires much more processing power; data packets may be decoded off-line
 - Used for CS64, PS streaming, PS Interactive R99, HSDPA, EUL and MBMS
- Interleaving (time diversity) enhances error correction



Σχήμα 4.19: Turbo Κωδικοποίηση.

Τα bits δεδομένων μοιράζονται μεταξύ δύο κωδικοποιητών, δημιουργώντας δύο ισότιμα ρεύματα. Η όλη διαδικασία οδηγεί σε ένα κώδικα που έχει ισχυρές ιδιότητες

διόρθωση λάθους. Μια πιο λεπτομερής εικόνα της turbo κωδικοποίησης φαίνεται στο Σχήμα 4.20



Σχήμα 4.20 : WCDMA γεννήτρια Turbo κώδικα

4.8 ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΤΙΜΩΝ

Η αντιστοίχιση τιμών διενεργείται σχετικά στα δεδομένα για να αλλάξετε το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων σε ένα που μπορεί να "στεγαστεί" από το σύστημα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή η λειτουργία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο για να μειώσει το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων (από τα διατρυπώντα bits), αλλά και να αυξήσει το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων (από το γέμισμα με επιπλέον bits).

- When coded data rates of services are incompatible, “Rate Matching” is used to equalize the data rates.
- Rate Matching may be performed by:
 - Padding with extra bits
 - Puncturing of bits using a pseudo-random algorithm
- For complete rate matching rules, see 3GPP TS25.212 ¶ 4.2.7

Σχήμα 4.21 : Αντιστοίχιση Τιμών

4.9 ΚΩΔΙΚΕΣ WCDMA

- **Channelization codes** (also sometimes called orthogonal codes, short codes, Walsh codes or Spreading codes)

Allows multiple data channels to be sent from each transmitter (cell or UE)

- **Scrambling Codes** (also sometimes called PN codes, Spread Spectrum Multiple Access Codes, Long codes or Spreading codes):

Allows multiple WCDMA transmitters to share the same Radio Frequency

Σχήμα 4.22: κώδικες WCDMA

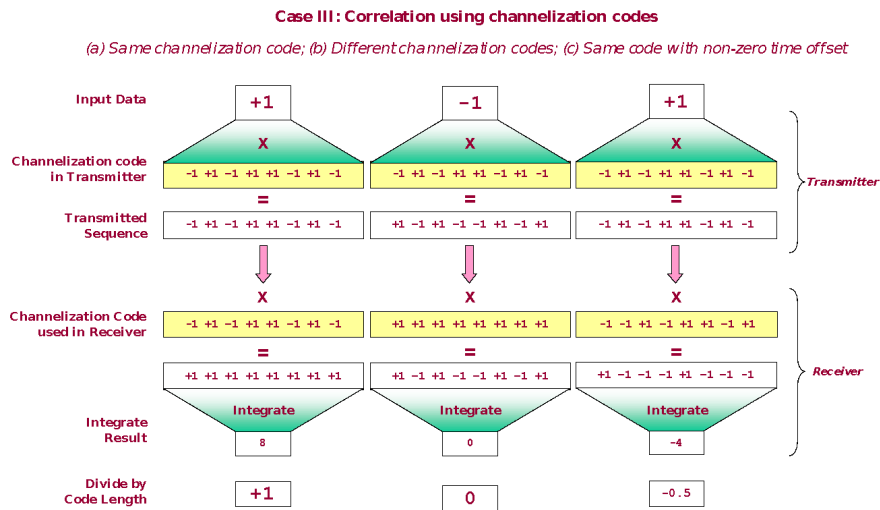
4.10 ΚΩΔΙΚΕΣ CHANNELIZATION

Ο κύριος σκοπός των κωδικών Channelization είναι ο διαχωρισμός των καναλιών δεδομένων που προέρχονται από τον ίδιο πομπό σε και uplink και downlink. Σημειώστε ότι οι κώδικες Channelization έχουν πολλά ονόματα, όπως ορθογώνιοι, σύντομοι, εξάπλωσης και Hadamard κώδικες. Οι κώδικες Channelization απαιτούν συγχρονισμό, δεδομένου ότι οι κυματομορφές είναι ορθογώνιοι μόνο αν ευθυγραμμιστούν μεταξύ τους εγκαίρως. Το σχήμα 1.37 δείχνει τρεις διαφορετικές περιπτώσεις συσχέτισης, της χρήσης κωδικών Channelization:

α) Ίδιος κωδικός Channelization. Αυτό σημαίνει ότι ο δέκτης και πομπός χρησιμοποιούν κωδικούς με την ίδια χρονική αντιστάθμιση.

β) Διαφορετικών κωδικών Channelization.

γ) Ίδιο κωδικό Channelization αλλά με μη μηδενικό αντιστάθμισμα.



Σχήμα 4.23: αντιστοίχιση κωδικού: Συσχέτιση χρήση κωδικών Channelization

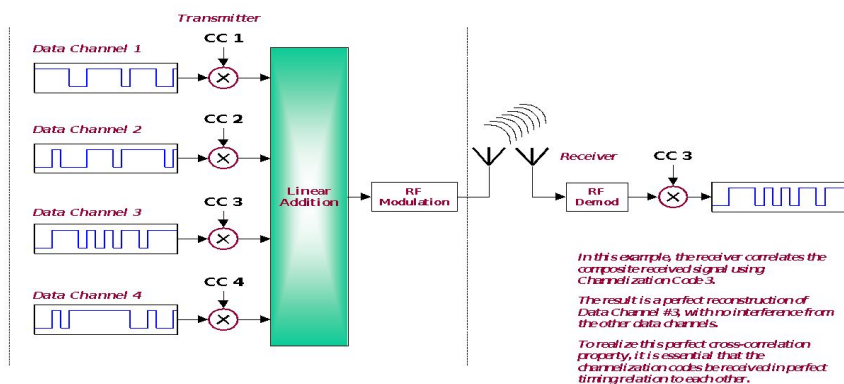
Η αντιστοιχία στην περίπτωση α) είναι 100% και το κανάλι είναι άριστα ανακατασκευασμένο. Στην περίπτωση β) οι κωδικοί (κανάλια) είναι πλήρως διαχωρισμένοι και η συσχέτιση είναι 0%. Στην περίπτωση γ) το αποτέλεσμα είναι απρόβλεπτο το οποίο δείχνει ότι ο χρόνος είναι πολύ σημαντικός για να διατηρηθούν οι ορθογώνιες ιδιότητες του κώδικα. Το σχήμα 4.23 δείχνει ένα παράδειγμα της Channelization κωδικοποίησης τεσσάρων καναλιών δεδομένων (Channelization κώδικα, που χρησιμοποιείται CC 1-4) στην πλευρά του πομπού. Για παράδειγμα η περίπτωση αυτή θα μπορούσε να αποτελέσει, την κατερχόμενη ζεύξη (downlink), όπου κάθε συγκεκριμένο κανάλι πολλαπλασιάζεται με έναν κωδικό Channelization. Το λαμβανόμενο σήμα συσχετίζεται με τον Κώδικα Channelization (CC) 3, το οποίο ανασυνθέτει τέλεια τα δεδομένα.

- TX, RX use same codes, at the same time offset
 - Channelization Codes: 100% correlation

- TX, RX use different codes
 - Channelization Codes: 0 % correlation (perfect separation)

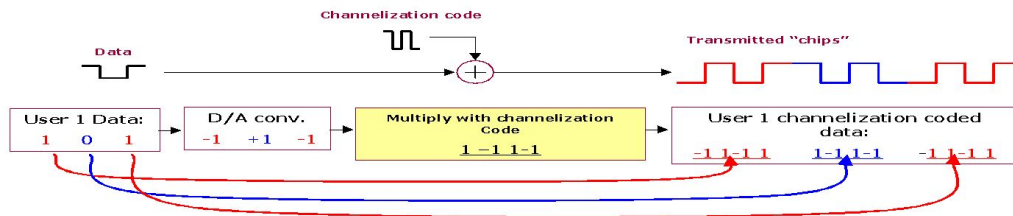
- TX, RX use same codes, but at different time offsets
 - Channelization Codes: Unpredictable results (orthogonality is lost)

Σχήμα 4.24: Σύσχετιση Κωδικού: Βασικά Σημεία



Σχήμα 4.25: κωδικοποίηση Channelization

Κάθε σύμβολο δεδομένων των στοιχείων είναι μια λειτουργία XOR με τον αντίστοιχο κωδικό Channelization (Σχήμα 4.26). Το μήκος του κωδικού Channelization εξαρτάται από το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων χρήστη. Μετά τη λειτουργία, η έξοδος θα καταλήγει με ρυθμό 3,84 Mc/s.



You send one channelization code for every data bit!

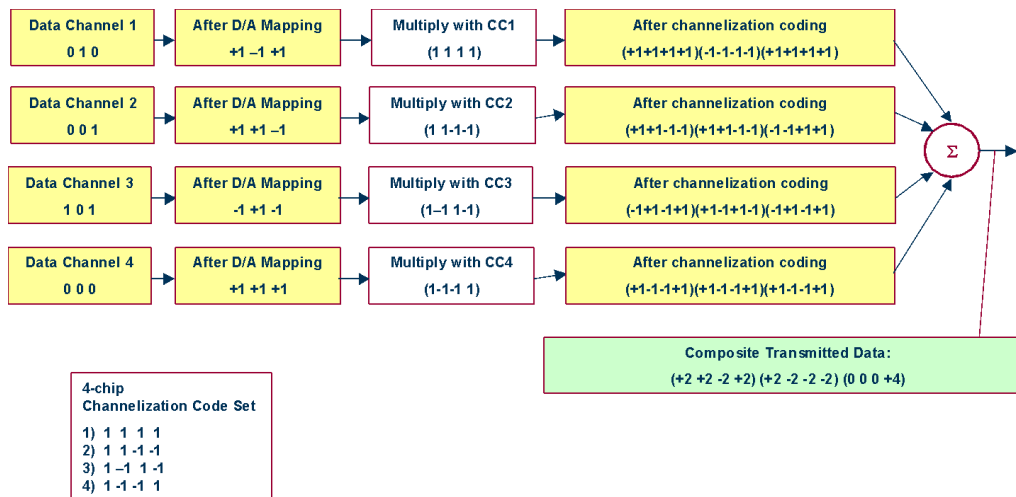
If you want to send a digital "0", you transmit the assigned channelization code

If you want to send a digital "1", you transmit the inverted channelization code

Σχήμα 4.26: Κωδικοί Channelization.

Η έξοδος από το XOR είναι το άθροισμα, της κάθε ροή δεδομένων και το αντίστοιχο CC.

Το σχήμα 4.27 δείχνει ένα παράδειγμα τεσσάρων διαφορετικών καναλιών που κωδικοποιούνται και αποστέλλονται από τον ίδιο πομπό. Αφού οι κωδικοί Channelization πολλαπλασιαστούν με κάθε κανάλι, προστίθενται για να σχηματίσουν μια σύνθετη ροή δεδομένων που μεταδίδετε.



Σχήμα 4.27: Κωδικοποίηση Channelization παράδειγμα - πομπό.

Το σχήμα 4.28 δείχνει πώς τα σύνθετα δεδομένα που έλαβε, αποκωδικοποιούνται στο δέκτη. Σημειώστε ότι οι ιδιότητες του κώδικα Channelization ισχύουν και για την περίπτωση που το ποσό των ροών Channelization αποκωδικοποιείται, ανεξάρτητα από το πόση δύναμη υπάρχει στους άλλους κωδικούς.

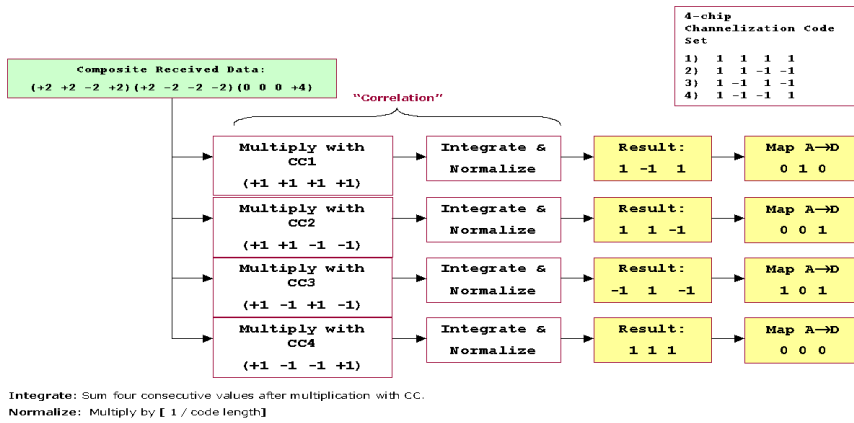
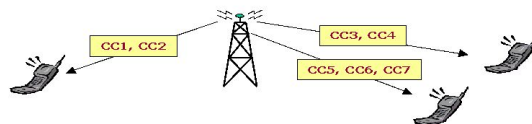


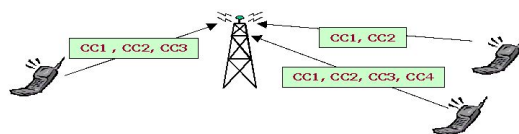
Figure 4.28: Channelization Coding example - Receiver.

Το σχήμα 4.29 δείχνει τη χρήση των κωδικών Channelization στο uplink και downlink του.

Downlink: Channelization Codes used to distinguish data channels coming from each cell



Uplink: Channelization Codes used to distinguish data channels coming from each User Equipment, UE

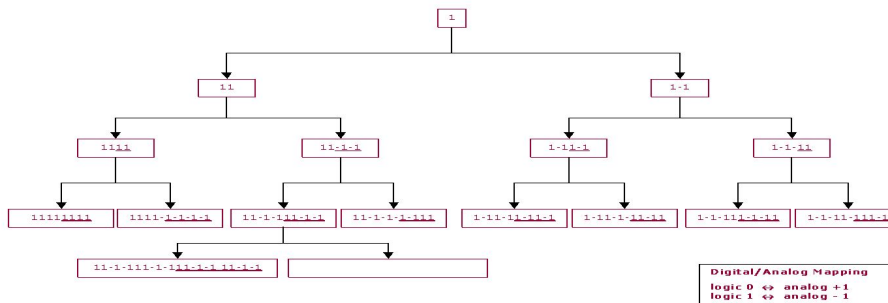


Σχήμα 4.29: Uplink και Downlink Χρήση Κώδικα Channelization.

Στο downlink, οι κωδικοί Channelization χρησιμοποιείται για να χωρίσει τα διάφορα κανάλια δεδομένων που προέρχονται από κάθε κύτταρο. Για τα ειδικά κανάλια, αυτό αντιπροσωπεύει τους διάφορους χρήστες, δεδομένου ότι μόνο ένας κωδικός κρυπτογράφησης χρησιμοποιείται για την downlink μετάδοση από το κύτταρο. Στο uplink, οι κωδικοί Channelization χρησιμοποιούνται για να χωριστούν τα διάφορα κανάλια δεδομένων που αποστέλλονται από την UE σε κάθε κύτταρο. Ο διαχωρισμός των διαφόρων UEs εδώ γίνεται με διαφορετικούς κωδικούς κρυπτογράφησης.

Το σχήμα 4.30 δείχνει το «δέντρο» κώδικα Channelization. Δύο κώδικες λέγονται ορθογώνιοι όταν το εσωτερικό προϊόν τους γινόμενο είναι μηδέν. Το εσωτερικό γινόμενο είναι το άθροισμα όλων των όρων που παίρνουμε από τον πολλαπλασιασμό δύο κωδικών, ανά συγκεκριμένο στοιχείο.

Για παράδειγμα, $(1, 1, 1, 1)$ και $(1, 1, -1, -1)$ είναι ορθογώνια από $(1 * 1) + (1 * 1) + (1 * -1) + (1 * -1) = 0$

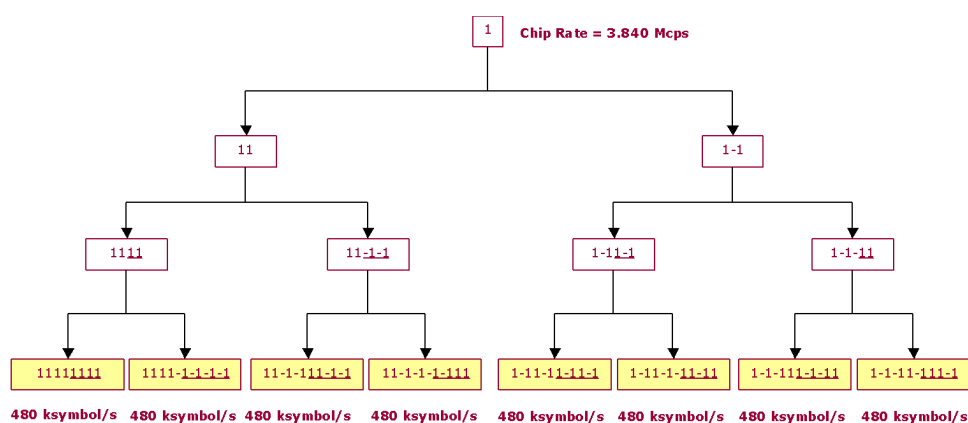


Σχήμα 4.30 : Δημιουργία Channelization κώδικα.

Το «δέντρο» κωδικών αντιστοιχεί σε διαφορετικά διακριτά επίπεδα παραγόντων διάδοσης (SF), $SF = 1, 2, 4, 8 \dots (n2)$. Διαφορετικά επίπεδα παραγόντων εξάπλωσης σημαίνει διαφορετικά μήκη κώδικα, και ως εκ τούτου, συνήθως αναφέρονται σαν Orthogonal Variable Spreading Factors (OSVF). Η ιδέα είναι να βρίσκετε σε θέση να συνδυάσει διαφορετικά μηνύματα με διαφορετικούς παράγοντες διάδοσης και διατήρησης της ορθογωνιότητας μεταξύ τους. Χρειαζόμαστε, επομένως, κώδικες διαφορετικού μήκους που εξακολουθούν να είναι ορθογώνιοι. Φυσικά, το chiprate παραμένει το ίδιο για όλους τους κωδικούς, τόσο σύντομο που θα μεταδίδονται σε ένα υψηλότερο ποσοστό πληροφορίας. Πλέον ο κωδικός είναι ο χαμηλότερος που μπορεί να έχει ο ρυθμός δεδομένων.

- SF: 4-512 επιτρέπεται στο WCDMA DL.
- SF: 4-256 επιτρέπεται στο WCDMA UL.

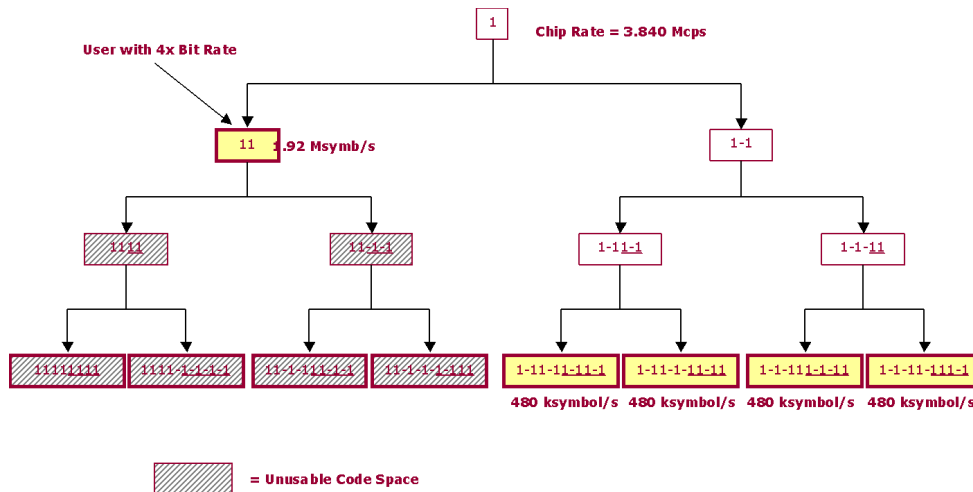
Όσο ο κωδικός Channelization εξαπλώνεται το σήμα εξαρτάται από την μεταβολή του. Από την άλλη πλευρά οι κωδικοί κρυπτογράφησης, έχουν πάντα ένα υψηλό ποσοστό μετάβασης και ως εκ τούτου πάντα εξαπλώνονται και να επηρεάζουν το απαιτούμενο εύρος ζώνης του σήματος.



Σχήμα 4.31: Χρήση του «δέντρου» κώδικας Channelization

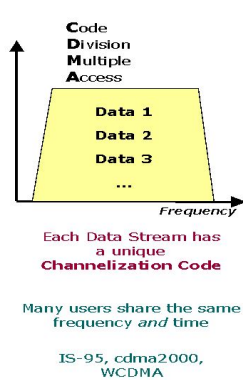
Το σχήμα 4.31 δείχνει ένα παράδειγμα της κατανομής του κώδικα «δέντρου» για την αποστολή οκτώ χρηστών με τον ίδιο ρυθμό των 480 ksps.

Το σχήμα 4.32 παρακάτω δείχνει ένα παράδειγμα τεσσάρων χρηστών που αποστέλουν σε SF = 8 και ένας χρήστης στέλνει σε SF = 2.



Σχήμα 4.32: Χρήση του κώδικα «δέντρου» Channelization

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι δύο κώδικες διαφορετικού στρώματα είναι επίσης ορθογώνιοι, εκτός αν ένας από τους δύο κώδικες είναι «μήτρα» του άλλου. Ως εκ τούτου, εάν ένα UE μεταδίδει δεδομένα με 960 kbps, SF = 4, τα υπόλοιπα branches του παρόντος κώδικα «μήτρα» δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν πλέον. Το σχήμα 4.33 δίνει μια περίληψη των κωδικών Channelization.



- WCDMA allows multiple data streams to be sent on the same RF carrier
 - Perfect isolation between data streams
 - Timing between data streams must be exact
 - Maximum number of data channels = Channelization code length
 - The longer the code, the slower the data rate
- WCDMA advantages are limited in practice
 - Multipath, small timing errors, and motion-related effects diminish the usable code space

5. ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΚΩΔΙΚΩΝ ΔΙΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ

5.1 ΚΩΔΙΚΟΙ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ

Στο WCDMA κάθε χρήστης έχει έναν μοναδικό κωδικό, τον οποίο χρησιμοποιεί για να κωδικοποιήσει τις πληροφορίες του φέροντος σήματός του. Ο δέκτης, γνωρίζοντας τις ακολουθίες κώδικα του χρήστη, αποκωδικοποιεί το σήμα που λαμβάνει και ανακτά τα αρχικά δεδομένα. Οι κωδικοί διάδοσης χωρίζονται σε κωδικούς κρυπτογράφησης και κωδικούς Channelization (CC).

Κάθε πομπός (κύτταρο downlink) έχει έναν διαφορετικό κωδικό κρυπτογράφησης και το κάθε κανάλι δεδομένων εκχωρεί διαφορετικό κωδικό CC. Δεδομένου ότι το εύρος ζώνης του κώδικα κρυπτογράφησης που θα επιλεγεί είναι πολύ μεγαλύτερο από το εύρος ζώνης του σήματος που περιέχει πληροφορίες, η διαδικασία κωδικοποίησης διευρύνει το φάσμα του σήματος. Το σήμα που προκύπτει ονομάζεται σήμα διασκορπισμένου φάσματος, και το WCDMA συχνά συμβολίζεται ως πολλαπλή πρόσβαση διασκορπισμένου φάσματος.

Μια απλή αναλογία για να εξηγήσει την έννοια της κρυπτογράφησης κωδικών είναι να χρησιμοποιήσετε αυτή ενός κοκτέιλ πάρτι (Σχήμα 5.1).



Σχήμα 5.1: WCDMA κοκτέιλ πάρτι.

Φανταστείτε ότι είστε προσκεκλημένοι σε ένα κοκτέιλ πάρτι όπου οι προσκεκλημένοι μιλούν διαφορετικές γλώσσες, όπως Ιαπωνικά, Ρωσικά, Ισπανικά και Ιταλικά. Τι θα ακούσετε στη συνέχεια:

1. Αν μιλήσεις μόνο ιαπωνικά;
2. Αν μιλήσεις μόνο αγγλικά;
3. Αν μιλήσεις μόνο ιταλικά;
4. Αν μιλήσεις μόνο Ιαπωνικά, αλλά οι Ιάπωνες βρίσκονται στην άλλη άκρη του δωματίου ;
5. Αν μιλήσεις μόνο Ιαπωνικά, αλλά ο ισπανόφωνος μιλάει πολύ δυνατά;

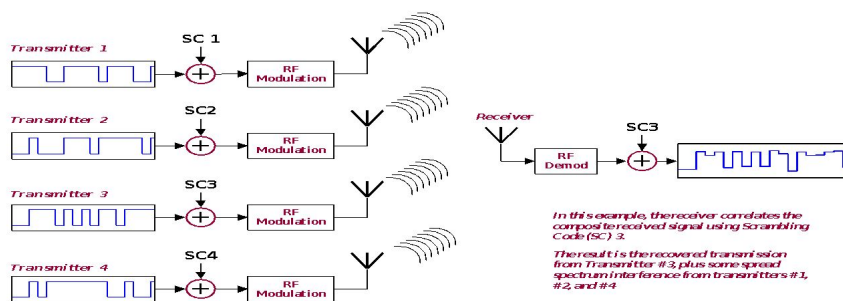
Στην πρώτη περίπτωση, η ιάπωνας θα μπορούσε να καταλάβει τα άτομα που μιλούν ιαπωνικά και να είναι σε θέση να παρακολουθήσει τη συνομιλία τους. Τα άλλα πρόσωπα που μιλούν άλλες γλώσσες, από την άλλη πλευρά, δεν θα ήταν δυνατό να γίνει κατανοητή η διάλεκτος τους και θαερμηνευόταν ως θόρυβος.

Στη δεύτερη περίπτωση δεν υπάρχει αγγλόφωνο πρόσωπο στο κοκτέιλ πάρτι και όλα θα είναι απλά θόρυβος.

Η τρίτη περίπτωση είναι παρόμοια με την πρώτη με τη διαφορά ότι το ιταλόφωνο πρόσωπο θα καταλάβει όχι μόνο τα άλλα ιταλόφωνα πρόσωπα, αλλά και κάποια ισπανικά, δεδομένου ότι υπάρχουν κοινές λέξεις στις δύο γλώσσες. Τα ισπανόφωνα άτομα μπορεί, στην περίπτωση αυτή, να θεωρηθεί ως παρέμβαση. Στην τέταρτη περίπτωση, οι Ιάπωνες θα πρέπει να μιλούν πιο δυνατά. Αυτό αντιστοιχεί σε αύξηση του λόγου ισχύος, για παράδειγμα, απώλεια διαδρομής (pathloss), όταν ο χρήστης βρίσκεται πιο μακριά από το σταθμό βάσης.

Η τελευταία περίπτωση έχει ένα χρήστη που χρησιμοποιεί ένα πάρα πολύ υψηλό επίπεδο ισχύος. Δεδομένου ότι όλοι οι χρήστες του συστήματος που εκπέμπουν στην ίδια συχνότητα την ίδια στιγμή, θα εξαρτώνται φυσικά από την ισχύ εξόδου των άλλων χρηστών και θα παρεμβαίνουν έντονα από την αποστολή του χρήστη σε ένα επίπεδο ισχύος εξόδου πολύ υψηλό. Αυτό δείχνει ότι η ενέργεια είναι κοινός φυσικός πόρος και ότι ο αποτελεσματικός και γρήγορος έλεγχος ισχύος είναι απαραίτητος σε ένα σύστημα WCDMA για να διατηρηθεί υψηλή η χωρητικότητα. Στο TDMA, για ένα συγκεκριμένο χρήστη κατά τη διάρκεια της χρονοθυρίδας (timeslot) ο σταθμός βάσης μπορεί να εκπέμψει προς το χρήστη και ο χρήστης προς το σταθμό βάσης σε ό,τι ισχύ θέλουν. Αυτό θα ήταν σαν ένα άτομο να φωνάζει και όλοι οι άλλοι να παραμένουν σιωπηλοί. Ωστόσο το WCDMA είναι σαν ένα κοκτέιλ πάρτι με την κοινωνική εθιμοτυπία, έτσι ο καθένας μιλάει την ίδια στιγμή, αλλά με χαμηλή φωνή, έτσι ώστε οι άνθρωποι να μπορούν να ακούσουν τη συνομιλία που τους ενδιαφέρει.

Το Σχήμα 5.2 παρέχει ένα παράδειγμα τεσσάρων πομπών. Κάθε πομπός θα χρησιμοποιήσει ένα μοναδικό κωδικό κρυπτογράφησης. Όλα τα σήματα αποστέλλονται μέσω διεπαφής αέρα (airinterface) και λαμβάνονται μαζί στο δέκτη. Για να αποκωδικοποιήσει το σήμα αριθμό 3 στο δέκτη, 3 θα χρησιμοποιηθεί κρυπτογράφηση του κωδικού αριθμού 3. Το αποτέλεσμα θα είναι ότι ο αριθμός σήματος 3 ανακτάται και όλα τα άλλα σήματα θα καταστούν μόνο σε χαμηλό επίπεδο θορύβου, όπως φαίνεται στο δεξί μέρος του σχήματος.



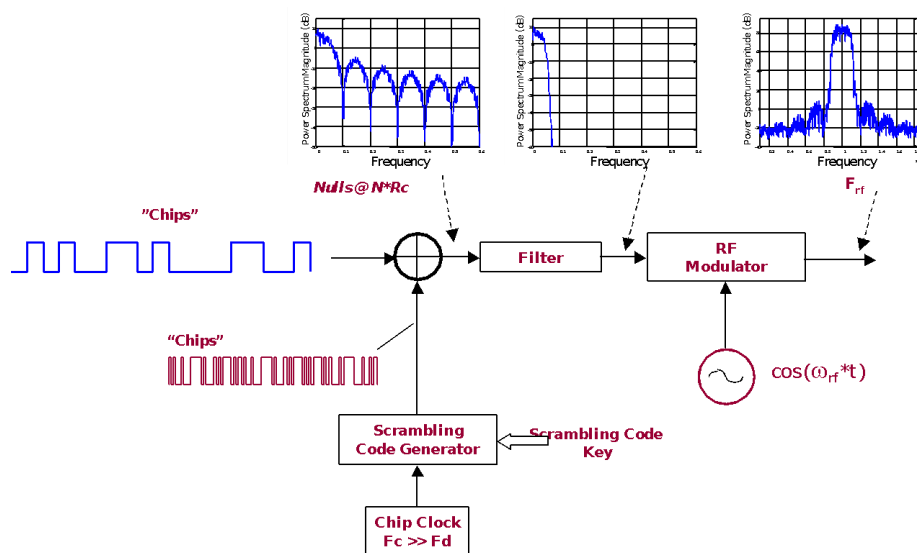
Σχήμα 5.2 SpreadSpectrumMultiple Access

Αυτό που μπορεί να δει κανείς από αυτή τη σχέση είναι ότι αν ο πομπός και ο δέκτης χρησιμοποιούν τους ίδιους κωδικούς την ίδια ώρα θα υπάρξει 100% συσχέτιση.

Αυτό που μπορεί να δει κανείς από αυτή τη σχέση είναι ότι, αν ο πομπός και ο δέκτης χρησιμοποιεί διαφορετικούς κωδικούς με αντιστάθμιση, οποιαδήποτε στιγμή, η σχέση θα οδηγήσει σε χαμηλό επίπεδο θορύβου. Η συσχέτιση αυτή είναι ανάλογη προς το αντίστροφο του μήκους του κωδικού (το μήκος του κωδικού κρυπτογράφησης είναι 38400chipστοπολύ). Είναι μια σημαντική ιδιότητα του κώδικα, καθώς ο δέκτης θα συσχετίζει το σωστό σήμα με όλα τα άλλα σήματα την ίδια στιγμή. Είναι επίσης σημαντικό το γεγονός ότι αυτό ισχύει με αντιστάθμιση οποιαδήποτε στιγμή δεδομένου ότι οι χρήστες στο uplink συγχρονίζονται μεταξύ τους, αλλά και για τον δέκτη rake (κεφάλαιο 2) για να χειριστεί πολλαπλές συνιστώσες.

Το σχήμα 5.3 δείχνει πως η εισερχόμενη ροή δεδομένων πολλαπλασιάζεται με έναν κωδικό κρυπτογράφησης, ο οποίος παράγεται από μια γραμμική μετατόπιση σε μια ακολουθία εκκίνησης που ονομάζεται κωδικός κλειδί. Εάν αναλύσουμε το σήμα σε ένα αναλυτή φάσματος, θα φανεί ένας κύριος και πλευρικοί λοβοί. Το σήμα θα

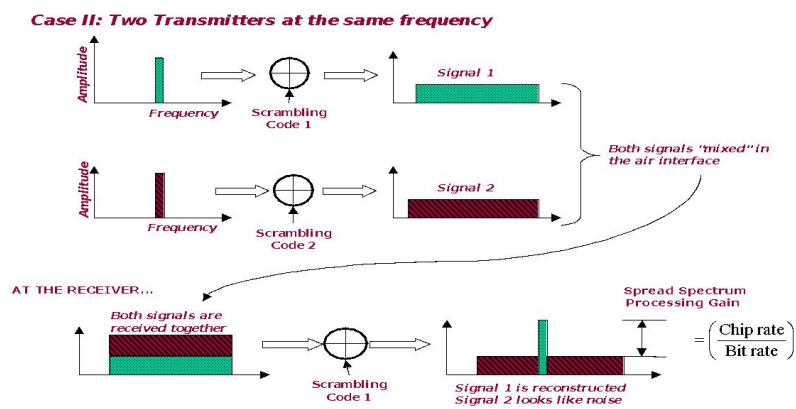
αποσταλεί μέσω ενός φίλτρου, για να διατηρήσει τον κύριο λοβό. Στο τελευταίο βήμα μετά τη διαμόρφωση μπορεί να φανεί το προκύπτον σήμα. Οι ιδιότητες του σήματος, θα εξαρτηθούν από τα χαρακτηριστικά κρυπτογράφησης του κωδικού και όχι με τα αρχικά εισερχόμενα chips.



Σχήμα 5.3: Γιατί ονομάζεται διασκορπισμένου φάσματος;

Εάν πολλοί χρήστες μεταδώσουν ταυτόχρονα ένα μήνυμα διασκορπισμένου φάσματος (Εικόνα 5.4), ο δέκτης θα εξακολουθεί να είναι σε θέση να διακρίνει τους χρήστες μεταξύ τους, δεδομένου ότι κάθε χρήστης έχει ένα μοναδικό κωδικό που έχει αρκετά χαμηλή συσχέτιση με τους άλλους κωδικούς. Συσχετίζοντας το κώδικο σήμα με μια στενή ζώνη σήματος θα εξαπλωθεί η ισχύς της στενής ζώνης σήματος μειώνοντας έτσι την παρεμβαλλόμενη ενέργεια στο εύρος πληροφοριών. Το σήμα διασκορπισμένου φάσματος 1 ανιχνεύεται σε συνδυασμό με ένα παρεμβάλον σήμα 2. Στο δέκτη, το σήμα διασκορπισμένου φάσματος 1 είναι απόεξαπλωμένο (de-spread), ενώ το σήμα παρεμβολή (σήμα 2) εξακολουθεί να είναι spread, κάνοντας το να φαίνεται θόρυβος σε σύγκριση με το despread σήμα. Το κέρδος ενέργειας κατά την αποκωδικοποίηση του σήματος 1 μπορεί να προσεγγιστεί με τη σχέση μεταξύ του chiprate και το bitrate, η οποία αποκαλείτε επεξεργασία κέρδους G_p . Το κέρδος

επεξεργασίας είναι αποτέλεσμα του κέρδους εξάπλωσης και του κέρδους προστασία λάθους.



Σχήμα 5.3: Δύο πομποί με την ίδια συχνότητα

- TX, RX use same codes, at the same time offset
 - Scrambling Codes: 100% correlation

- TX, RX use different codes
 - Scrambling Codes: “Low” (noise-like) correlation at any time offset
Average correlation level proportional to $1/(\text{code length})$

- TX, RX use same codes, but at different time offsets
 - Scrambling Codes: “Low” (noise-like) correlation for any offset $> +1$ chip

Σχήμα 5.4: Κωδικός Συσχέτισης: Βασικά Σημεία

Το σχήμα 5.5 παρουσιάζει μια σύνοψη των ιδιοτήτων του κώδικα κρυπτογράφησης.

- Scrambling Codes may be generated using Linear Feedback Shift Registers
- Scrambling Codes are repeating, defined-length blocks of 1’s and 0’s
 - Approximately equal number of 1’s and 0’s
 - The statistics appear randomly distributed within the block
- Good Autocorrelation and Cross-Correlation properties
 - Scrambling Code cross-correlation properties do not depend on time alignment

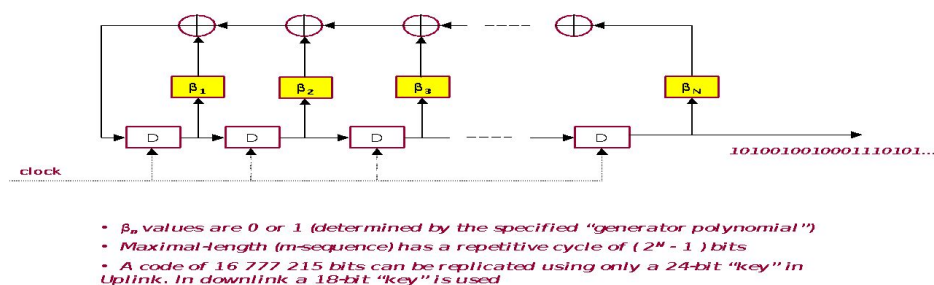
Σχήμα 5.5: Σύνοψη των ιδιοτήτων του κώδικα κρυπτογράφησης

Οι Shiftregister (καταχωριτής μετατόπισης) ακολουθίες δεν είναι ορθογώνιες, αλλά έχουν ένα μέγιστο περιορισμένο αυτοσυσχετιστή. Το όνομα καθιστά ήδη σαφές ότι οι κωδικοί μπορούν να δημιουργηθούν χρησιμοποιώντας ένα καταχωριτή μετατόπισης (shiftregister) με αναδρομικών συνδέσεων, (Σχήμα 1.54). Με τη χρήση ενός ενιαίου καταχωριτή μετατόπισης, μπορεί να επιτευχθεί μέγιστο μήκος αλληλουχιών (M). Τέτοιες ακολουθίες μπορούν να δημιουργηθούν με την εφαρμογή ενός ενιαίου καταχωριτή μετατόπισης με μια σειρά από ειδικά επιλεγμένες αναδρομικών συνδέσεων. Εάν το μέγεθος καταχωριτή μετατόπισης είναι (n), τότε το μήκος του κωδικού είναι ίσο με 2n-1. Ο αριθμός των πιθανών κωδικών εξαρτάται από τον αριθμό των πιθανών σετ από αναδρομικές «συνδέσεις» που παράγει μια σειρά M. Ο αριθμός των πιθανών κωδικών εξαρτάται από τον αριθμό των πιθανών σετ αναδρομικών «συνδέσεων» που παράγει μια σειρά M.

Τα μαθηματικά αυτών των γεννητριών είναι ισοδύναμη με τη λειτουργία της συνήθους άλγεβρας εφαρμοζόμενη σε αφηρημένα πολωνύμα πάνω από ένα απροσδιόριστο X, με συντελεστές δυαδικής- διατίμησης. Κάθε σειρά βασίζεται σε μία γεννήτρια πολωνύμου.

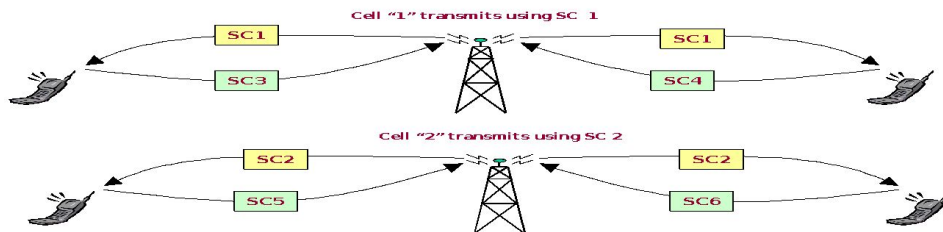
$$G(X) = (nX^n + (n-1)X^{n-1} + (n-2)X^{n-2} + \dots + 1X^1 + 1)$$

Οι κωδικοί ανερχόμενης ζεύξης (uplink) που παράγονται με τη χρήση 24-bit κλειδιού και αυτό το κλειδί δίνεται στην UE στη ρύθμιση κλήσης (callsetup). Οι κωδικοί κατερχόμενης ζεύξης (downlink) παράγονται χρησιμοποιώντας ένα 18-bit κλειδί, ορίζονται και χρησιμοποιούνται, όπως απαιτείται.



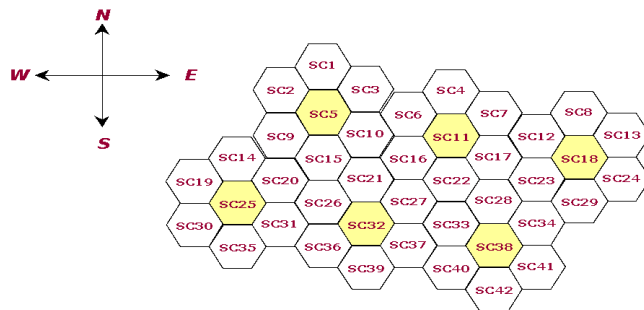
Σχήμα 5.6: Δημιουργία κώδικα κρυπτογράφησης

Το σχήμα 5.7 δείχνει πώς κάθε πομπός έχει έναν διαφορετικό κωδικό κρυπτογράφησης.



Σχήμα 5.7: Σχεδιασμός Κωδικός κρυπτογράφησης.

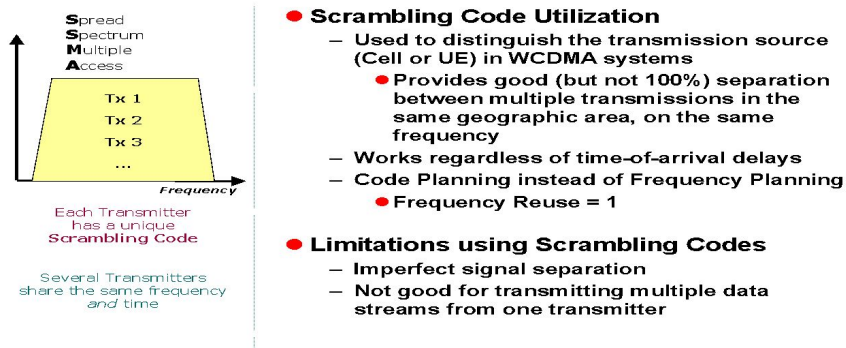
Ένα σύστημα WCDMA μεταδίδει χρησιμοποιώντας μία συχνότητα. Η αναγνώριση του μεταδότη καθορίζεται από την κρυπτογράφηση των κωδικών. Ο σχεδιασμός των κυττάρων δεν απαιτεί σχεδιασμό συχνότητα όπως τα συστήματα GSM, αλλά απαιτεί σχεδιασμό κώδικα κρυπτογράφησης. Το σχήμα 5.8 δείχνει ένα πρότυπο κρυπτογράφησης κωδικών.



Σχήμα 5.8: Κωδικοί κρυπτογράφησης παράδειγμα σχεδιασμού.

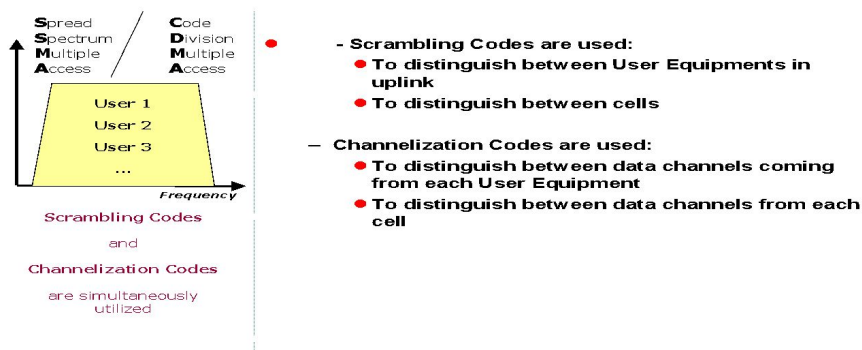
Ο αριθμός των κωδικών που χρησιμοποιούνται στο downlink περιορίζεται σε 8192 συνολικά. Αυτό γίνεται για να επιταχυνθεί η διαδικασία για την U.E. να βρει το σωστό κωδικό κρυπτογράφησης. Οι 512 από αυτούς είναι πρωτογενείς κωδικοί (τα υπόλοιπα είναι δευτερεύοντες κωδικοί, 15 κωδικοί ανά πρωτοβάθμια). Οι πρωτογενείς κώδικες χωρίζονται σε 64 ομάδες κωδικού κάθε ομάδα περιέχει 8 διαφορετικούς κωδικούς. Η UE μπορεί να καθορίσει ποια ομάδα κωδικού κρυπτογράφησης χρησιμοποιεί ένα κύτταρο από τη διαδικασία συγχρονισμού (βλέπε κεφάλαιο 5). Σημειώστε ότι δεν υπάρχουν περιορισμοί για τον αριθμό των κωδικών που δημιουργούνται από την 24-bit κλειδί εκκίνησης στην περίπτωση της ανερχόμενης ζεύξης(uplink).

Το σχήμα 5.9 συνοψίζει τη χρήση κωδικού κρυπτογράφησης.



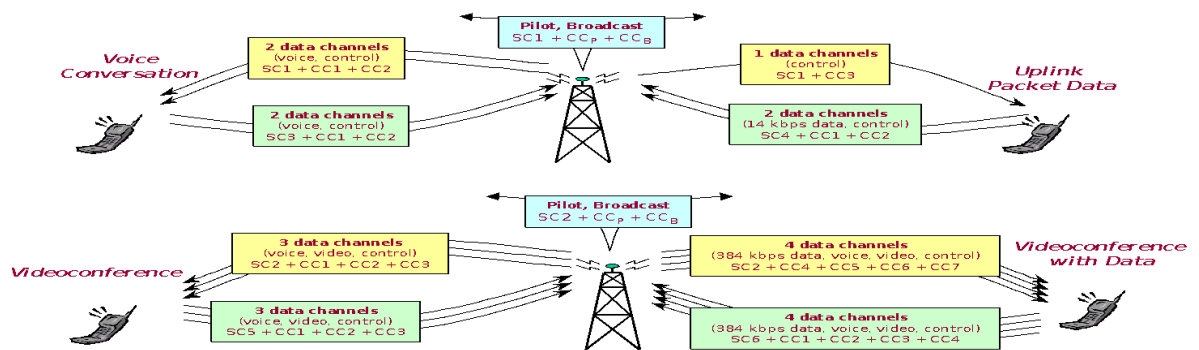
Σχήμα 5.9: Περίληψη Κωδικού κρυπτογράφησης

Τέλος, για να συνοψίσουμε το Channelization και τους κωδικούς κρυπτογράφησης βλ. Σχήμα 5.10.



Σχήμα 5.10: περίληψη Channelization και κώδικα κρυπτογράφησης.

Το σχήμα 5.11 δείχνει πώς οι κωδικοί χρησιμοποιούνται από κοινού σε ένα δίκτυο WCDMA.



Σχήμα 5.11: Χρήση κωδικού σε δίκτυο WCDMA.

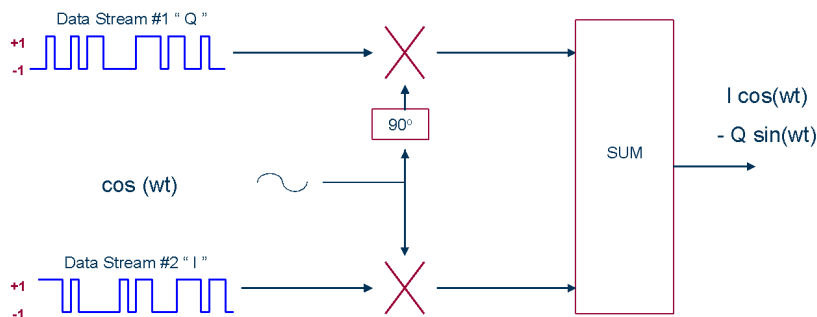
6. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ ΣΕ ΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑ WCDMA

6.1 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Μια απλή μορφή ψηφιακής διαμόρφωσης είναι δυαδική ή Bi-Phase r Bi-PhaseShiftKeying (BPSK). Η φάση ενός φέροντος σήματος σταθερού πλάτους το εύρος του κινείται μεταξύ μηδέν και 180 μοιρών. Υπάρχουν δύο πιθανές θέσεις στο διάγραμμα κατάστασης, έτσι μπορεί να σταλεί ένα δυαδικό ένα (διπολική τιμή -1) ή μηδενική (διπολική αξία +1). Ο ρυθμός συμβόλων είναι ένα bit ανά σύμβολο διαμόρφωσης.

Ένας πιο κοινός τύπος (Σχήμα 6.1) διαμόρφωσης φάσης είναι Quadrature Phase Shift Keying (QPSK). Χρησιμοποιείται ευρέως σε εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων των κυτταρικών υπηρεσιών WCDMA. Quadrature σημαίνει ότι το σήμα μετατοπίζεται μεταξύ των καταστάσεων φάσης, τα οποία χωρίζονται μεταξύ τους με 90 μοίρες.

- I/Q (In-phase/Quadrature) Modulation: Definition
 - Two data streams are multiplied by a common carrier frequency, but at phase offsets of 0 degrees (cosine) and 90 degrees (sine)



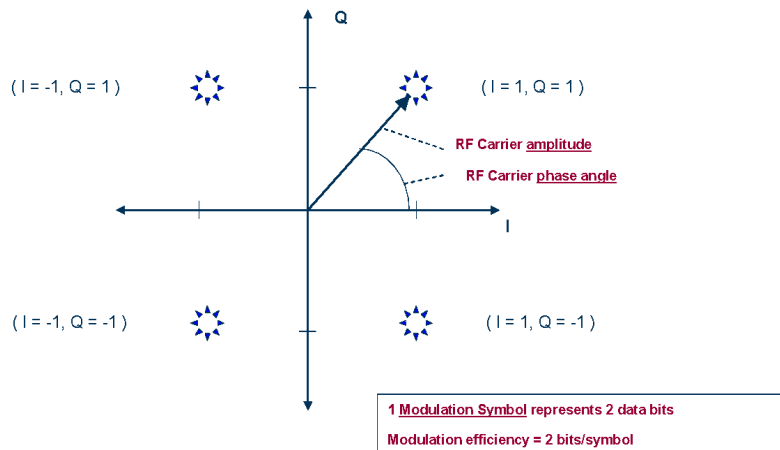
Σχήμα 6.1: I / Q Διαμόρφωση - δύο ροές δεδομένων πολλαπλασιάζονται με μια κοινή συχνότητα φορέα, αλλά σε φάση αντισταθμίζονται από 0 βαθμούς (συνημίτονο) και 90 μοίρες (ημίτονο).

Το σήμα μετατοπίζεται σε πολλαπλάσια των 90 μοιρών από 45 έως 135, -45 ή - 135 βαθμούς. Τα σημεία αυτά επιλέγονται, δεδομένου ότι μπορούν εύκολα να υλοποιηθεί με τη χρήση ενός I / Q-διαμορφωτή. Τόσο το I όσο και Q-branch μπορεί να μετατοπιστεί μεταξύ +1 και -1, η οποία δίνει δύο bits ανά σύμβολο διαμόρφωσης.

Στον πομπό, I-και Q-σήματα έχουν αναμειχθεί με τον ίδιο τοπικό ταλαντωτή. Χρησιμοποιείται μια 90-βάθμια μετατόπιση φάσης και τα σήματα διαχωρίζονται κατά 90 μοίρες. Το αποτέλεσμα είναι ότι είναι ορθογώνια μεταξύ τους ή σε ορθογωνισμό.

Σήματα που βρίσκονται σε ορθογωνισμό δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Πρόκειται για δύο ανεξάρτητες συνιστώσες του σήματος.

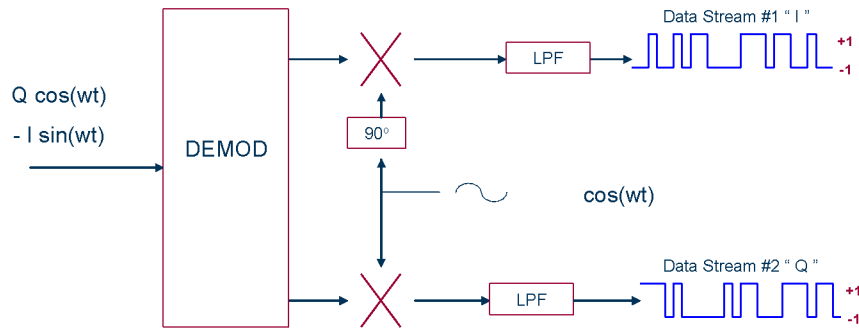
- Graphical representation of an QPSK modulated signal



Σχήμα 6.2: Διαμόρφωση QPSK - γραφική αναπαράσταση μιας μονάδας I / Q διαμορφωμένου σήματος.

Το σχήμα 6.2 είναι ένα παράδειγμα ενός διαγράμματος κατάστασης σήματος Quadrature Phase Shift Keying (QPSK). Υπάρχουν τέσσερις δυνατές καταστάσεις. Επομένως, είναι ένα μεγαλύτερο αποδοτικό εύρος ζώνης του τύπου της διαμόρφωσης από την BPSK, ενδεχομένως δύο φορές πιο αποτελεσματικό. Το σύνθετο σήμα με πληροφορίες το μέγεθος και η φάση (I / Q) φθάνει στην είσοδο του δέκτη (Σχήμα 6.3). Το σήμα εισόδου αναμιγνύεται με το τοπικό σήμα ταλάντωσης στη συχνότητα αερομεταφορέα σε δύο μορφές. Η μία είναι σε μια αυθαίρετη φάση μηδέν. Η άλλη έχει 90-βάθμια μετατόπιση φάσης. Το σύνθετο σήμα εισόδου έτσι χωρίζεται σε δύο μέρη, σε In-phase (I) και Quadrature (Q).

- By multiplying by the sin and cosine at the receiver, the original I and Q data streams are recovered

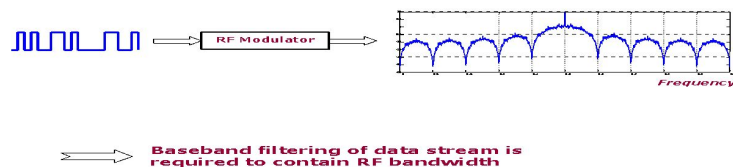


Σχήμα 6.3: I / Q Αποδιαμόρφωση - πολλαπλασιάζοντας το ημίτονο και το συνημίτονο στο δέκτη, ανακτώνται οι αρχικές I και Q ροές δεδομένων.

Τα δύο στοιχεία του σήματος είναι ανεξάρτητα και ορθογώνια. Ο οποιοσδήποτε μπορεί να αλλάξει χωρίς να επηρεάζει, το ένα το άλλο. Κανονικά, οι πληροφορίες δεν μπορούν να απεικονίζονται σε πολική μορφή και ερμηνεύονται ως ορθογώνιες τιμές χωρίς να γίνει μετατροπής πολικής σε ορθογώνια. Αυτή η μετατροπή είναι ακριβώς αυτό που γίνεται από την in-phase και quadrature mixing σε ένα ψηφιακό ραδιόφωνο. Αυτή η μετατροπή μπορεί να εκτελεστεί με ακρίβεια και αποτελεσματικότητα από ένα τοπικό ταλαντωτή μετατόπισης φάσης και δύο «αναδευτήρες».

6.2 ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ

Το φιλτράρισμα επιτρέπει στο εύρος ζώνης που πρέπει να μεταδοθεί να μειωθεί σημαντικά, χωρίς να χάσει το περιεχόμενο των ψηφιακών δεδομένων (Σχήμα 6.4). Αυτό βελτιώνει την απόδοση φάσματος του σήματος.



Σχήμα 6.5: Φιλτράρισμα δεδομένων.

Υπάρχουν πολλών ειδών τρόποι φιλτραρίσματος. Η πιο συνηθισμένη είναι:

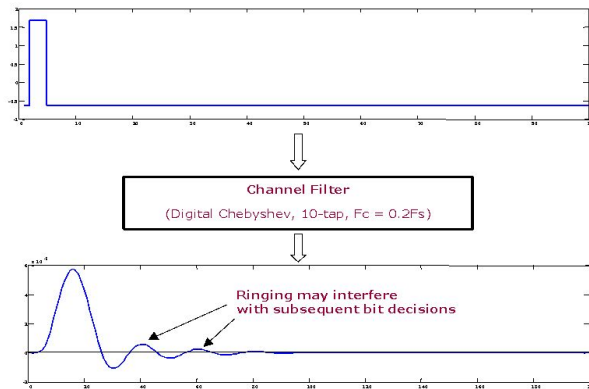
- Υπερυψωμένο συνημίτονο
- τετραγωνική ρίζα θέτει συνημίτονο(Square-rootraisedcosine)
- Γκαουσιανή(Gaussian)

Κάθε γρήγορη μετάβαση σε ένα σήμα, εάν είναι πλάτους, φάσης, ή συχνότητας, θα απαιτήσει καταλυμένο μεγάλο εύρος ζώνης κατεχόμενα. Κάθε τεχνική που βοηθάει στην επιβράδυνση αυτών των αλλαγών θα περιορίσει το κατειλημμένο εύρος ζώνης. Φιλτράρισμα εξυπηρετεί την ομαλή μετάβαση αυτών (στο I/Q modulation). Τέλος στοδέκτη, μειώνεται το εύρος ζώνης και βελτιώνει την ευαισθησία επειδή περισσότερο θόρυβος και παρεμβολές απορρίπτονται.

Το φιλτράρισμα μπορεί επίσης να δημιουργήσει διασυμβολική παρεμβολή (ISI). Αυτό συμβαίνει όταν το σήμα φιλτράρεται, έτσι ώστε τα σύμβολα να «θολώσουν» μαζί και κάθε σύμβολο να επηρεάζει τα γύρω του. Αυτό το επίπεδο του ISI καθορίζεται από το πεδίο του χρόνου απόκρισης ή την κρουστική απόκριση του φίλτρου.

Ένα Cheby sheve quiiripple FIR (πεπερασμένης κρουστικής απόκρισης) φίλτρο χρησιμοποιείται για το φιλτράρισμα βασικής ζώνης στα συστήματα CDMA. Με διαυλοποίηση στα 5 MHz και ρυθμό μετάδοσης 3,84 MHz, είναι ζωτικής σημασίας για τη μείωση των διαρροών στα γειτονικά κανάλια RF. Ένα FIR φίλτρο σημαίνει ότι κρουστική απόκριση του φίλτρου υπάρχει μόνο για ένα πεπερασμένο αριθμό δειγμάτων. Equiiripple σημαίνει ότι υπάρχει κυματοειδής μέγεθος απόκρισης συχνότητας περικλείοντας τα ίσα μέγιστα και ελάχιστα σε ζώνες pass-bands και stop-bands

Το σχήμα 6.6 δείχνει την ώθηση ή την χρονική ανταπόκριση πεδίου των φίλτρων Chebyshev FIR. Τα φίλτρα αυτά έχουν τις ιδιότητες που η κρουστική απόκριση τους ηχεί σε συντελεστή συμβόλου. Το φίλτρο έχει επιλέξει να ηχεί, ή έχει την κρουστική απόκριση του φίλτρου διέλευσης μέσω της μηδενικής, στη συχνότητα συμβόλου ρολογιού.



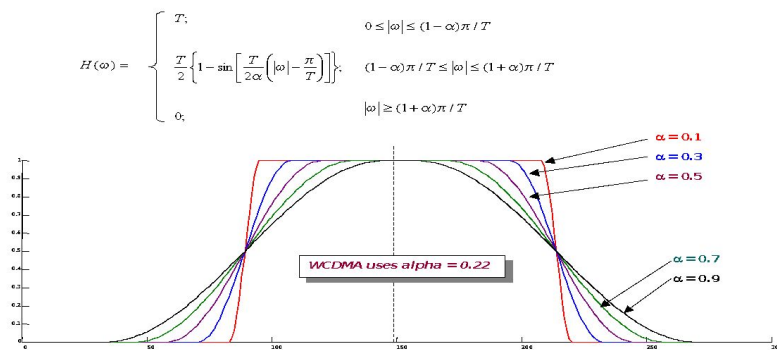
Σχήμα 6.6: φιλτράρισμα δεδομένων, σύνθητες Φίλτρο Καναλιού: Κρουστική Απόκριση

Η ευκρίνεια του συνημιτονοειδούς φίλτρου περιγράφεται από την άλφα (α). Η Alpha δίνει ένα άμεσο μέτρο της κατεχόμενης ζώνης του συστήματος και υπολογίζεται ως (Σχήμα 1.65):

$$occupied\ bandwidth = symbol\ rate \times (1 + \alpha)$$

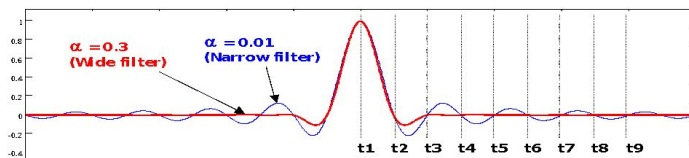
Αν το φίλτρο είχε τέλεια χαρακτηριστικά με απότομες μεταπτώσεις και μια άλφα από το μηδέν, το κατειλημμένο εύρος ζώνης θα είναι ίσο με το ρυθμό συμβόλων.

Σε έναν τέλειο κόσμο, το κατεχόμενο εύρος ζώνης θα είναι το ίδιο με το ποσοστό συμβόλου, αλλά αυτό δεν είναι πρακτικό. Μια άλφα (alpha) μηδέν είναι αδύνατον να εφαρμοστεί. Στο άλλο άκρο, λαμβάνει ένα ευρύτερο φίλτρο με ένα άλφα (alpha), όπου είναι ευκολότερο να εφαρμοστεί. Η κατεχόμενη ζώνη, στην περίπτωση αυτή, θα είναι διπλάσια από τον ρυθμό μετάδοσης. Στην πράξη, είναι δυνατόν να εφαρμοστεί μια άλφα κάτω του 0,2 όπου κάνει το radio καλό, συμπαγές, πρακτικό. Το WCDMA καθορίζει το άλφα του στο 0,22.



Σχήμα 6.7: Raised-Cosine Δεδομένα φίλτρου, Εξισώσεις

Το σχήμα 6.8 δείχνει την επίδραση της σταθεράς άλφα (α) σε ήχους επιπτώσεων (InterSymbolInterference).



Notes:

- 1) Ringing = 0 at exact time instants where future data points are to be sampled
- 2) Low 'alpha' provides narrowest spectrum; best for reducing adjacent channel interference
- 3) High 'alpha' provides lowest ringing amplitude; best for reducing ISI
- 4) Theoretically, even filters with very low 'alpha' provide zero ringing at future sample points
- 5) Practically, low-alpha filters create greater ISI when there is timing jitter present

Σχήμα 6.8: Raised-Cosinedεδομένων Φίλτρου: Κρουστική Απόκριση

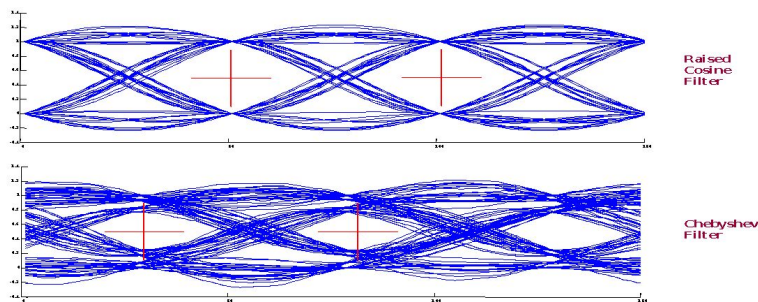
- Ήχος = 0 ακριβής χρονικές στιγμές όπου το μέλλον είναι τα σημεία δεδομένων που πρέπει να ληφθούν δείγματα.
- Χαμηλή "άλφα" παρέχει υψηλότερη ένταση ήχου. Καλύτερο για τη μείωση των παρακείμενων καναλιών παρεμβολές.
- Υψηλή "άλφα" παρέχει χαμηλότερο εύρος ήχους. Καλύτερο για τη μείωση της ISI.

- Θεωρητικά, ακόμη και φίλτρα με πολύ χαμηλή "άλφα" παρέχουν μηδέν ringing στα μελλοντικά σημεία δειγματοληψίας.

Πρακτικά, φίλτρα με χαμηλή-άλφα δημιουργούν μεγαλύτερη ISI, όταν υπάρχει χρόνος jitter.

Ο χρόνος απόκρισης του φίλτρου συνημίτονο περνάει μέσα από το μηδέν σε μια χρονική περίοδο που συμπίπτει ακριβώς με την απόσταση συμβόλου. Σε αυτές τις χρονικές περιόδους, το σύμβολο δεν παρεμβαίνει με τα γειτονικά σύμβολα..

Ένας τρόπος για να προβάλετε ένα ψηφιακά διαμορφωμένο σήμα είναι ένα διάγραμμα «ματιού» (Σχήμα 6.9). Διαγράμματα οφθαλμού μπορούν να παραχθούν, ένα για το I-κανάλι δεδομένων και ένα άλλο για τα Q-κανάλι δεδομένων.



Σχήμα 6.9: Σύγκριση Διαγραμμάτων «ματιού» μεταξύ Raised-CosineDataFilter και ChebyshevFilter.

Τα διαγράμματα «ματιού» εμφανίζουν τα I και Q μεγέθοι συναρτήσει του χρόνου σε μια άπειρη επιμονή λειτουργία. ΗQPSK έχει τέσσερις διακριτές I / Q-καταστάσεις, μία σε κάθε τεταρτημόριο. Υπάρχουν μόνο δύο επίπεδα για την I, και δύο επίπεδα για την Q. Το μάτι είναι ανοιχτό σε κάθε σύμβολο. Ένα καλό σήμα τα «μάτια» του είναι ορθάνοιχτα με συμπαγή crossover σημεία. Όπως δείχνουν τα ποσοστά, ένα φιλτραρισμένο σήμα χρησιμοποιώντας φίλτρο συνημιτόνοειδες είναι καλύτερο σήμα από το να φιλτραριστεί με ένα Chebyshev φίλτρο.