

# ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΗΣΔΡΑ

Κατσίκης Βασίλης 3179  
Παυλίδης Αριστείδης 3650

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Δημήτριος Ευσταθίου  
Σέρρες, Μάρτιος 2019

# Σκοπός της πτυχιακής

Στόχος είναι η μελέτη και κατανόηση του σήματος WCDMA/HSPA, οι μετρήσεις του πλάτους του διανυσματικού σφάλματος (EVM Error Vector Magnitude), του εύρους ζώνης του εκπεμπόμενου σήματος, καθώς και άλλες μετρήσεις. Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα στο T.E.I Κεντρικής Μακεδονίας, στο εργαστήριο Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων και χρησιμοποιήθηκε ο εργαστηριακός εξοπλισμός ο οποίος περιγράφεται αργότερα.

# Περιεχόμενα της Παρουσίασης

- Προδιαγραφές και τεχνολογία του HSDPA
- HSPA Release 7
- Τεχνολογία MIMO
- Εργαστηριακές μετρήσεις
- Συμπεράσματα Εργαστηριακών Μετρήσεων

# Προδιαγραφές και τεχνολογία του HSDPA

## ◎ Πλεονεκτήματα του HSDPA

- Η υψηλή ρυθμο-απόδοση.
- Βελτίωση της μετάδοσης των πακέτων δεδομένων στο downlink.
- Επανεκπομπές στο φυσικό επίπεδο και χρονοδρομολόγηση πακέτων από τον σταθμό βάσης.
- Προσαρμοσμένη κωδικοποίηση και διαμόρφωση.
- Χρήση υβριδικού αιτήματος αυτόματης επανάληψης.

## ◎ Στόχοι του HSDPA

- Αυξημένος μέγιστος ρυθμός ροής δεδομένων για uplink/downlink.
- Τεχνικές προσαρμογής ζεύξης.
- Συνδυασμός γρήγορων επανεκπομπών στο φυσικό επίπεδο.
- Μεταφορά δεδομένων και φωνής βασισμένη στο IP(Internet Protocol)

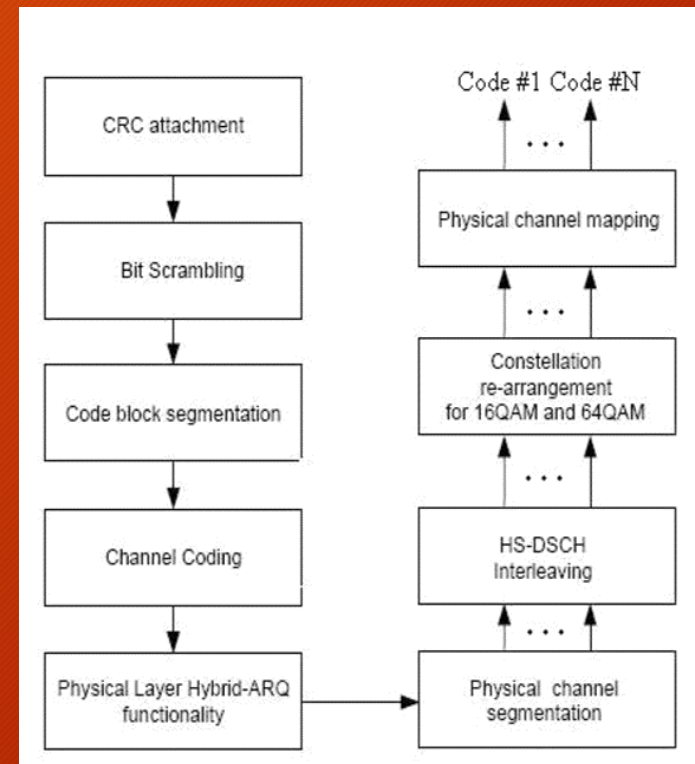
# Φυσικά Κανάλια στο HSDPA

- ◎ Τα φυσικά κανάλια στο HSDPA είναι τα εξής
  - Κοινόχρηστο κανάλι υψηλής ταχύτητας (HS-DSCH).
  - Κοινόχρηστο κανάλι ελέγχου υψηλής ταχύτητας (HS-SCCH).
  - Κανάλι φυσικού ελέγχου (HS-DPCCH).

# Κωδικοποίηση

☉ Υπάρχει ένα είδος κωδικοποίησης στο HSDPA και είναι η turbo κωδικοποίηση.

Στο σχήμα βλέπουμε την αλυσίδα κωδικοποίησης στο κανάλι HS-DSCH.



# Διαμόρφωση στο HSDPA

Το HSDPA χρησιμοποιεί τις εξής διαμορφώσεις :

◎ Ορθογώνια Διαμόρφωση Ολίσθησης Φάσης (QPSK)

- Σταθερός ρυθμός δεδομένων με λιγότερα σφάλματα.
- Περισσότερη ανοχή στο θόρυβο.

◎ Τετραγωνική Διαμόρφωση πλάτους(16 QAM)

- Διπλασιασμός του μέγιστου ρυθμό δεδομένων σε σχέση με το QPSK.

Για την αποδιαμόρφωση του λαμβανόμενου σήματος, στο QPSK είναι αναγκαία μόνο η εκτίμηση της φάσης, ενώ στη περίπτωση του 16-QAM χρειάζεται και εκτίμηση του πλάτους.

# Διαδικασία Λειτουργίας HSDPA Φυσικού Επιπέδου

- Η λειτουργία φυσικού επιπέδου HSDPA περνάει από τα ακόλουθα βήματα:
  - Έλεγχος παραμέτρων χρηστών από τον scheduler του Node B.
  - Προσδιορισμός απαραίτητων παραμέτρων για το HS-DSCH από τον Node B.
  - Μετάδοση slot του HS-SSCH για ενημέρωση του τερματικού.
  - Έλεγχος πληροφοριών HS-SCCH από το τερματικό.
  - Αποκωδικοποίηση των παραμέτρων HS-SCCH.
  - Αποστολή ACK / NACK πακέτου από το τερματικό.

Το HSDPA έχει αυστηρά καθορισμένες τιμές χρονισμού για το τερματικό από τη λήψη του HS-SSCH μέχρι την μετάδοση του ACK / NACK στο uplink. Η τιμή αυτή είναι 7,5 slots.



# HSPA Release 7

## ◎ Βελτιώσεις του HSPA.

- Αύξηση μέγιστου ρυθμού bit HSDPA.
- Αύξηση μέγιστου ρυθμού bit HSUPA.
- Βελτιστοποίηση του επιπέδου 2 στην κατερχόμενη ζεύξη.
- Μείωση κατανάλωσης ισχύος για εφαρμογές πακέτων.

# Τεχνολογία ΜΙΜΟ

- ◎ Χρήση πολλαπλών κεραιών σε πομπό-σταθμό βάσης και σε δέκτη-συσκευή.
  - Η ΜΙΜΟ εκμεταλλεύεται την πολλαπλή διαδρομή.
  - Η ΜΙΜΟ χρησιμοποιεί πολλαπλές κεραιές για την αποστολή πολλών παράλληλων σημάτων (από τον πομπό).
  - Ανάκλαση σήματος προς τον προορισμό του (το δέκτη) αλλά σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
  - Η "πολλαπλή διαδρομή" εμφανίζεται όταν φτάσουν τα διάφορα σήματα στον δέκτη σε διάφορες χρονικές στιγμές.
  - Χρήση αλγόριθμου για παραγωγή σήματος με τα αρχικά δεδομένα μετάδοσης.

# Εργαστηριακές Μετρήσεις

- ◎ Σχεδιάζουμε το σήμα με το Signal Studio
- ◎ Το στέλνουμε στη γεννήτρια MXG μέσω δικτύου LAN
- ◎ Από τη γεννήτρια μέσω καλωδίου αποστέλλεται στον αναλυτή
- ◎ Καταλήγει στον υπολογιστή και το VSA, όπου αναλύουμε το σήμα μας



# Δεδομένα και Test Models που χρησιμοποιήθηκαν

- Στο σύνολο των μετρήσεων χρησιμοποιήσαμε μία συχνότητα η οποία είναι 2.120 GHz.
- Τα Test Models που χρησιμοποιήσαμε είναι τα 1, 2 , 3, 4, 5
- Και το πλάτος του σήματος ήταν -10 dBm .

# Τι Είναι Τα Test Models

- Σκοπός των Test Models είναι να πιστοποιήσουν τη σωστή λειτουργία σημάτων. Με διάφορα πεδία μετρήσεων. Για παράδειγμα:
- Occupied bandwidth, (κατειλημμένο εύρος ζώνης).
- Error Vector magnitude.
- ACLR (Adjacent Channel Leakage Ratio) Διαρροή ισχύος σε διπλανό δίαυλο.

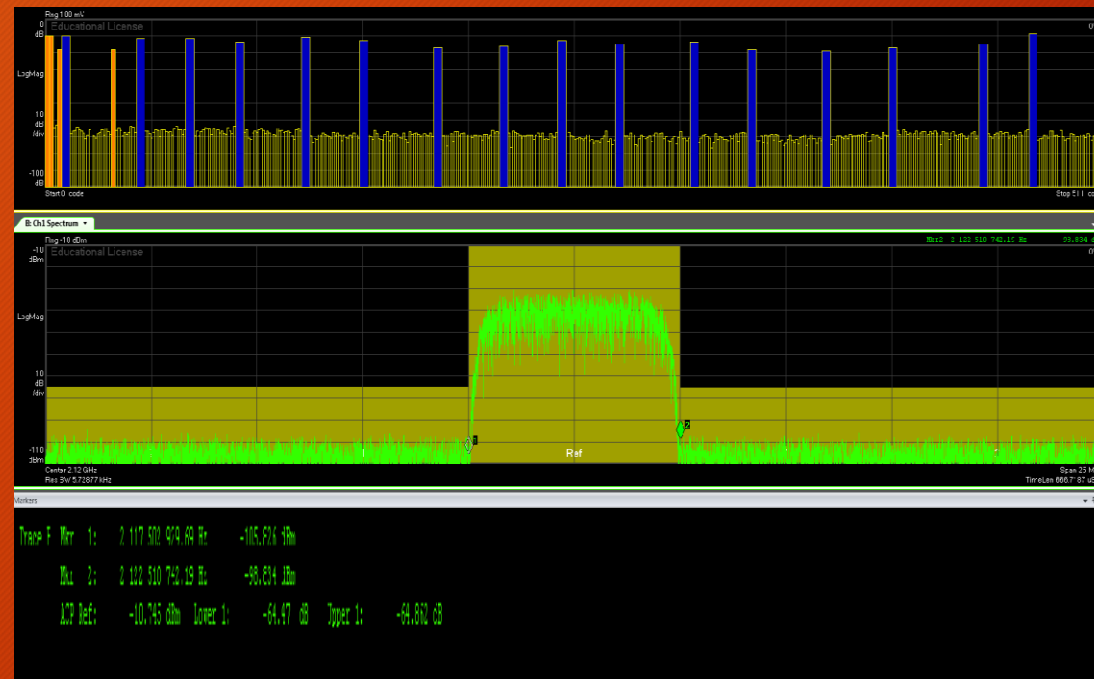
Όπως και άλλα.

# TEST MODEL 1 + 16 DPCH

## ⊙ ACLR (Adjacent Channel Leakage Ratio)

- ACLR: Δείχνει το ποσό της ισχύος που έχουμε στα γειτονικά κανάλια (δεξιά και αριστερά).

ACPref : -10,745dB  
Upper : -64.862 dB  
Lower : -64.47 dB

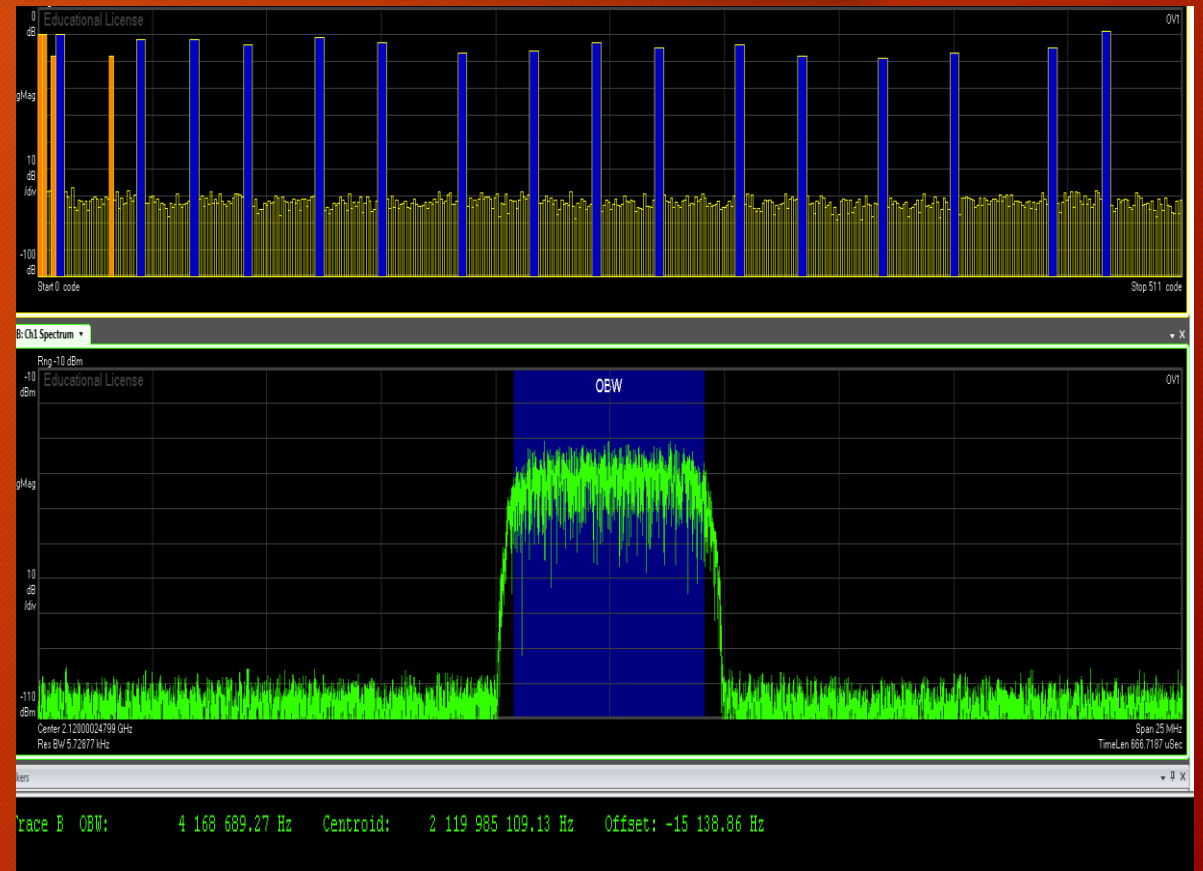


# TEST MODEL 1 + 16 DPCH

## ◎ Occupied Bandwidth:

Το καταλαμβανόμενο εύρος ζώνης είναι το πλάτος μιας ζώνης συχνοτήτων που κάτω από τα κάτω και πάνω από τα άνω συχνοτικά όρια, οι μέσες τιμές ισχύος που εκπέμπονται είναι ίσες με ένα καθορισμένο ποσοστό  $B/2$  του συνόλου της εκπεμπόμενης ισχύος.

OBW : 4 168 689.27 Hz.



# TEST MODEL 1 + 16 DPCH

⦿ Total power dynamic range, Frequency Error (at Pmax)

- **Total Power Dynamic Range:** είναι η διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης ισχύος εξόδου.
- **Frequency Error:** Συχνότητα σφάλματος είναι το μέτρο της διαφοράς μεταξύ της πραγματικής BS συχνότητας μετάδοσης και της συχνότητας που έχει ανατεθεί.

Για Test model 1 32 DPCH ,64 DPCH κά-  
νουμε τις ίδιες μετρήσεις με διαφορετικά  
αποτελέσματα.

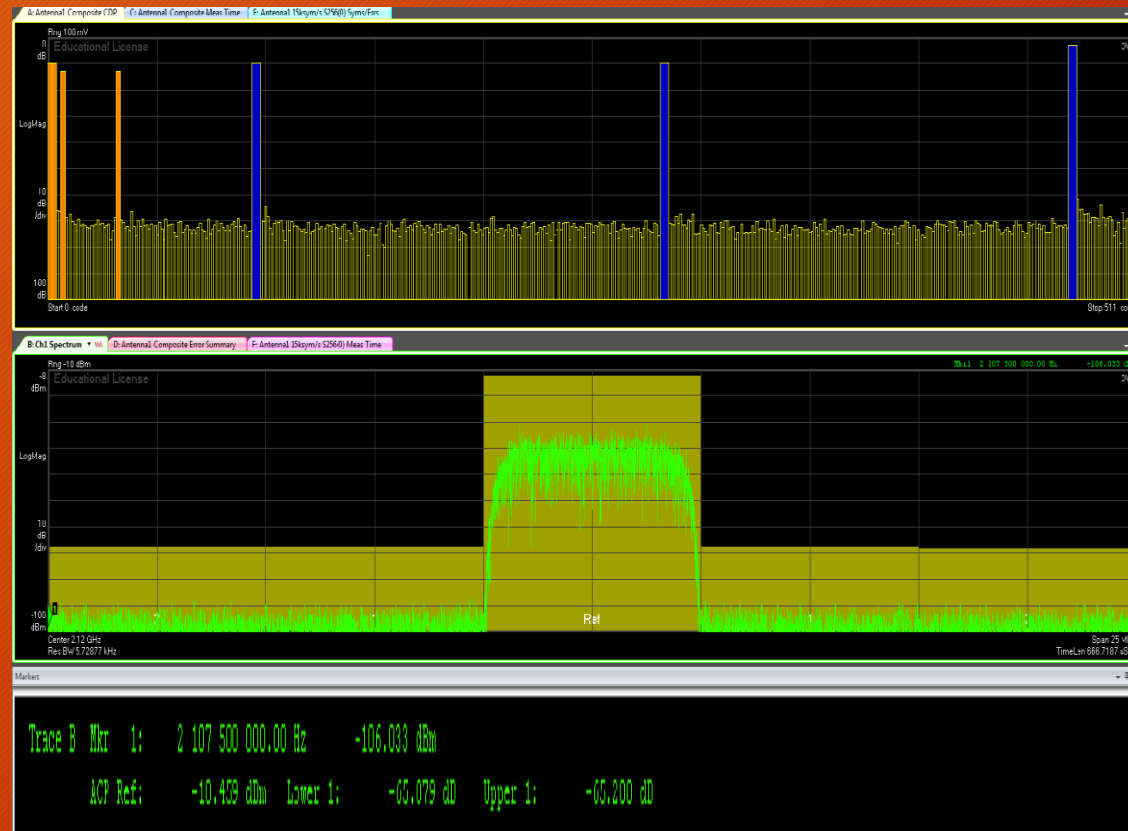




# TEST MODEL 2

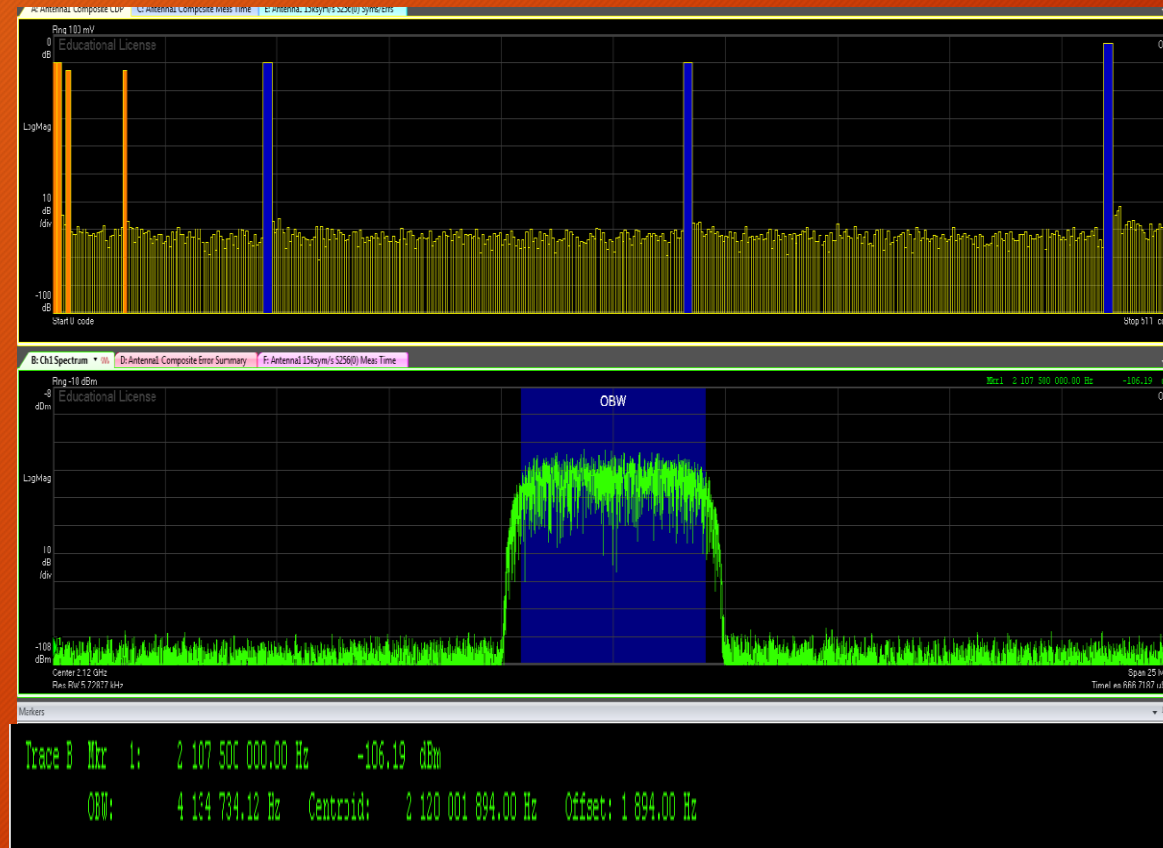
## ⊙ ACLR (Adjacent Channel Leakage Ratio)

ACPref : -10,459 dB  
Upper : -65.200 dB  
Lower : -65.079 dB



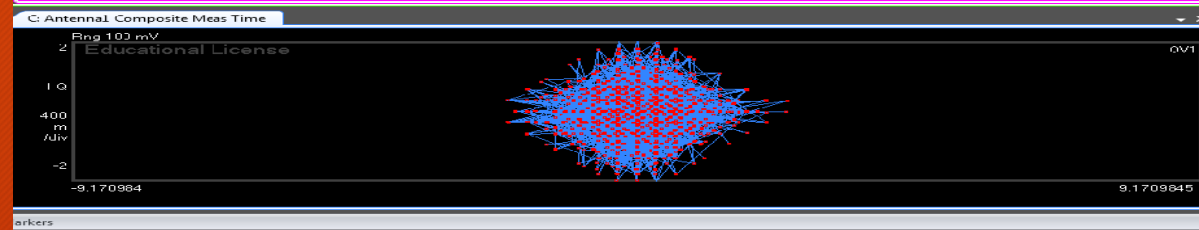
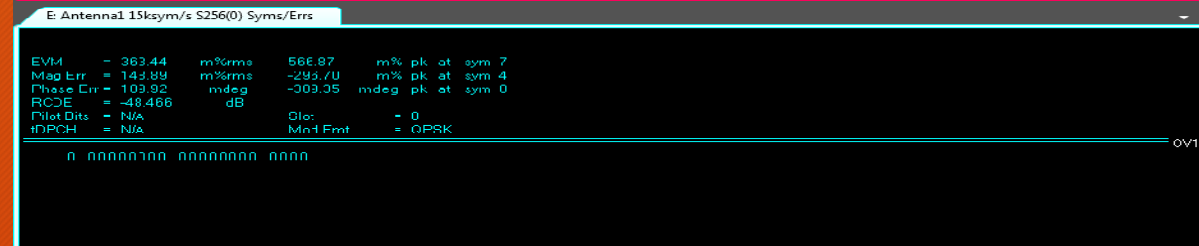
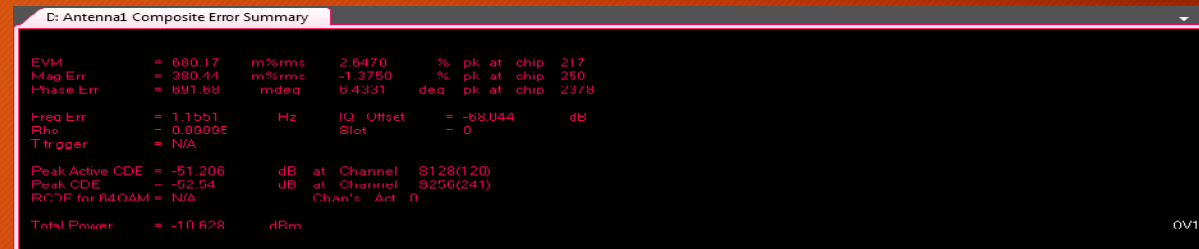
# TEST MODEL 2

⦿ Occupied Bandwidth  
OBW : 4 134 734.12 Hz



# TEST MODEL 2

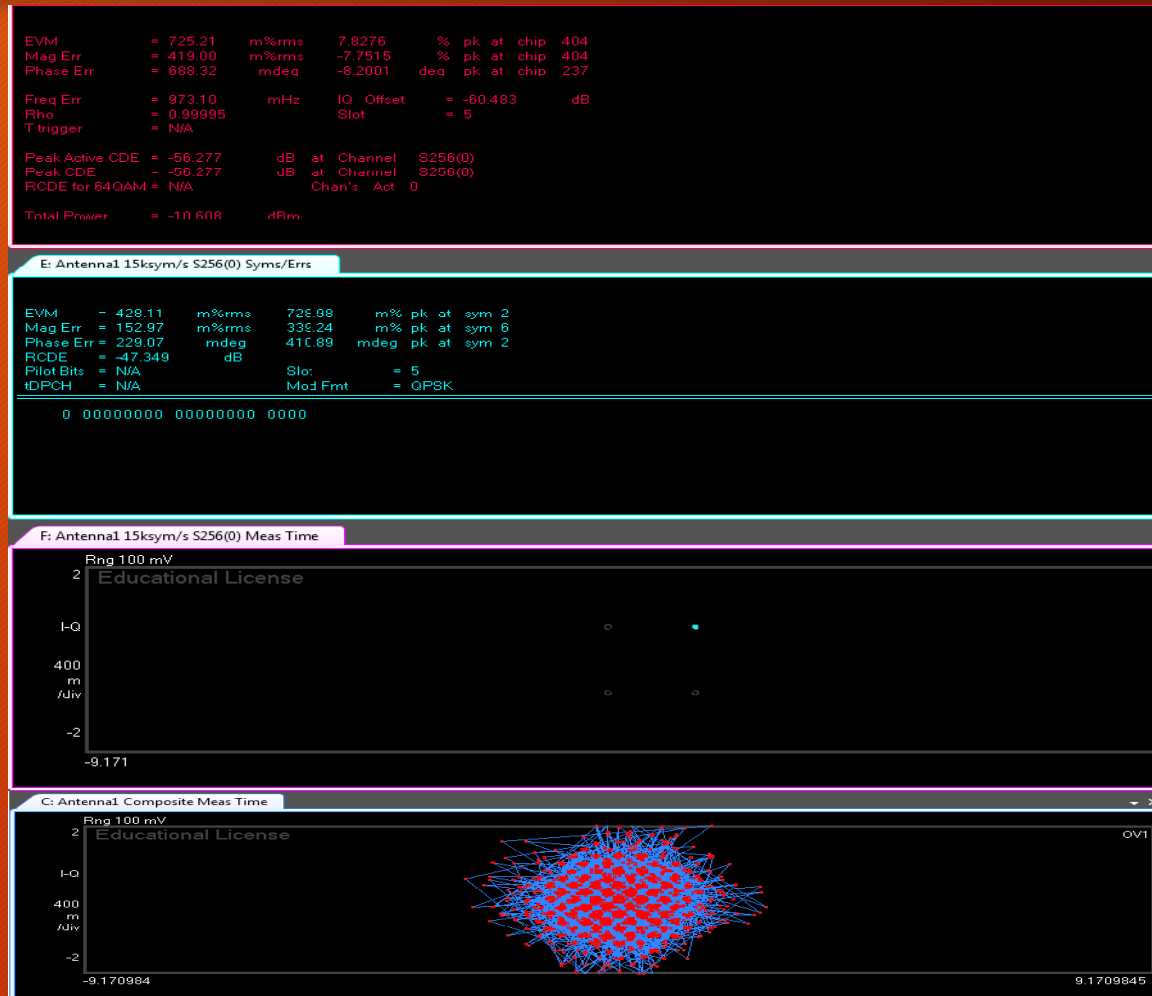
- ⦿ Total power dynamic range
- ⦿ Frequency Error (at Pmax)



# TEST MODEL 3 +16 DPCH

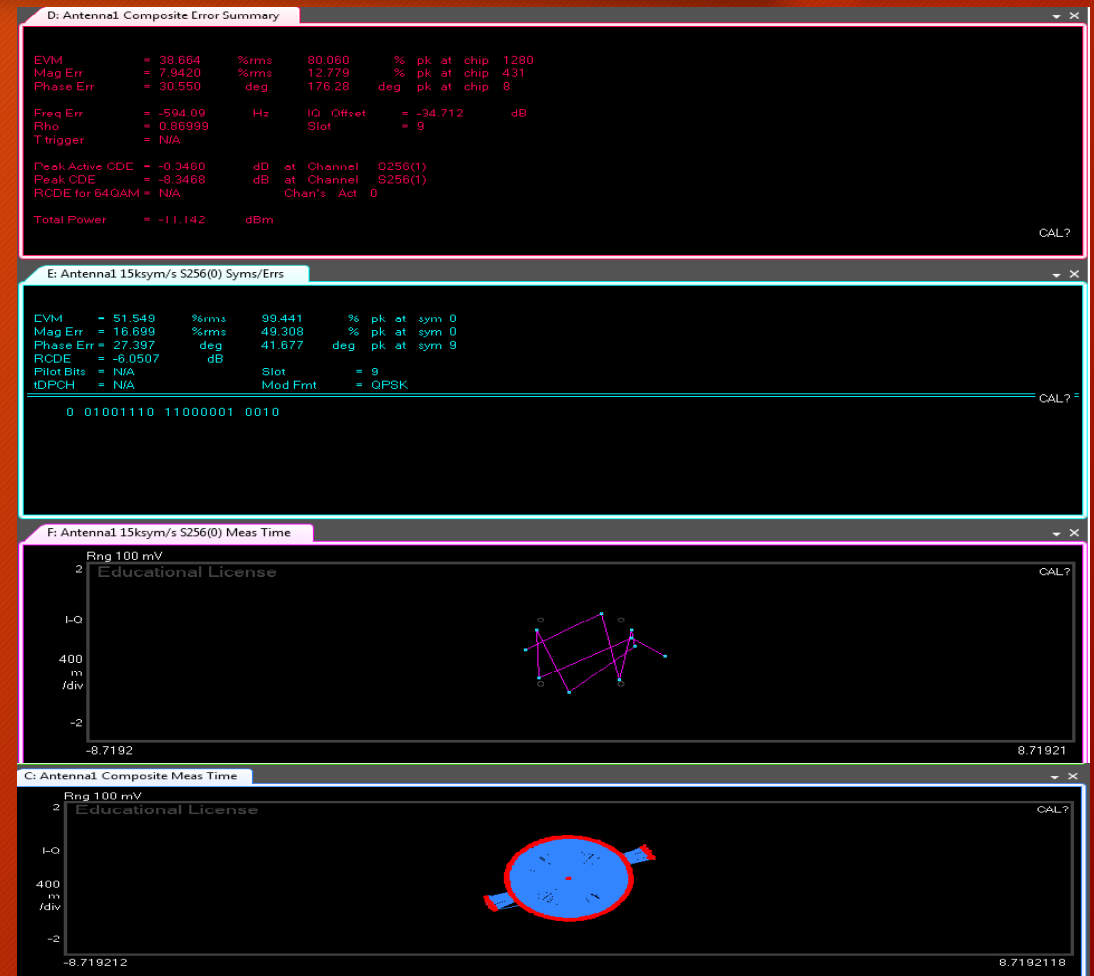
© Peak code domain error:  
Μέγιστο σφάλμα κώδικα ορίζεται  
ως ο λόγος της μέγιστης ισχύος  
προς τη μέγιστη ισχύ της  
κυματομορφής αναφοράς.  
Εκφράζεται σε dB.

Για Test MODEL 3 + 32 DPCH γίνεται  
η ίδια μέτρηση, με διαφορετικά από-  
τελέσματα.



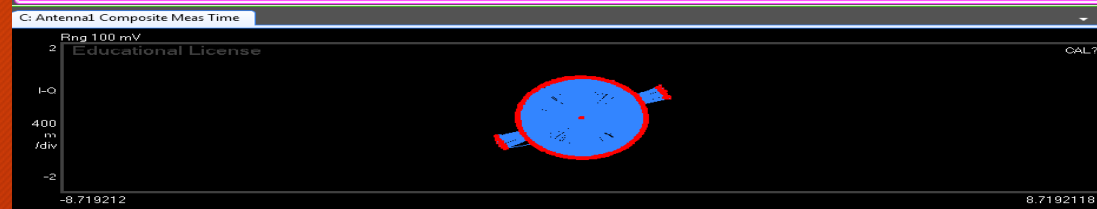
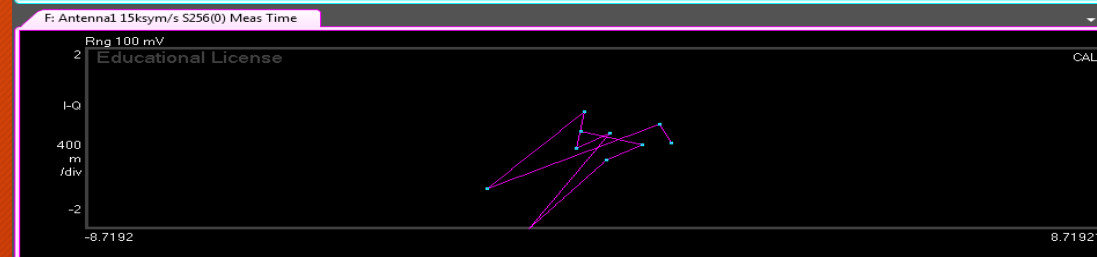
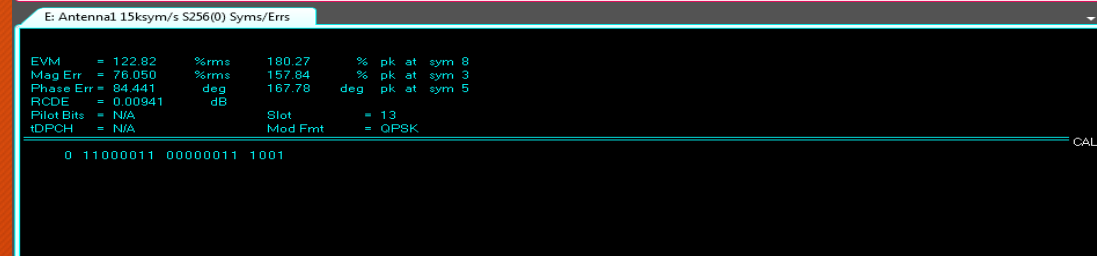
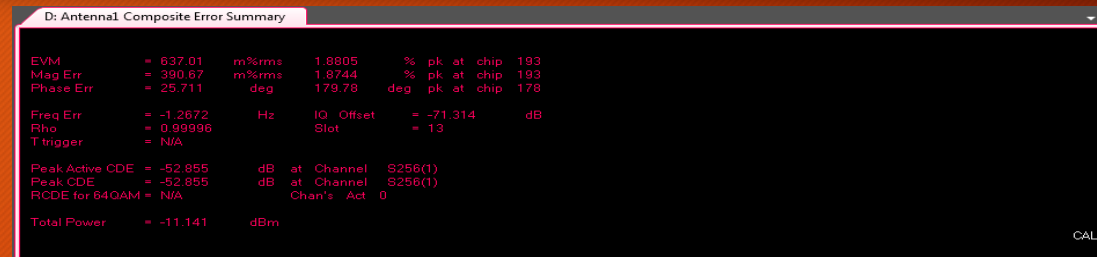
# TEST MODEL 4 με C-PICH

- ⦿ Total power dynamic range
- ⦿ Frequency Error (at Pmax)
- ⦿ C-PICH : Στα κυψελοειδή συστήματα WCDMA FDD, το CPICH είναι ένας δίαυλος κατερχόμενης ζεύξης εκπεμπόμενος από τον Node B με σταθερή ισχύ και μία γνωστή ακολουθία δυαδικών ψηφίων.
- ⦿ EVM: Το EVM (Error Vector Magnitude) εκφράζει την ποσοτικοποίηση της απόδοσης από ένα ραδιοπομπό ή ραδιοδέκτη. Δηλαδή το διανυσματικό σφάλμα μεταξύ του εκτιμώμενου σήματος λήψης και του πραγματικού σήματος λήψης.



# TEST MODEL 4 χωρίς C-PICH

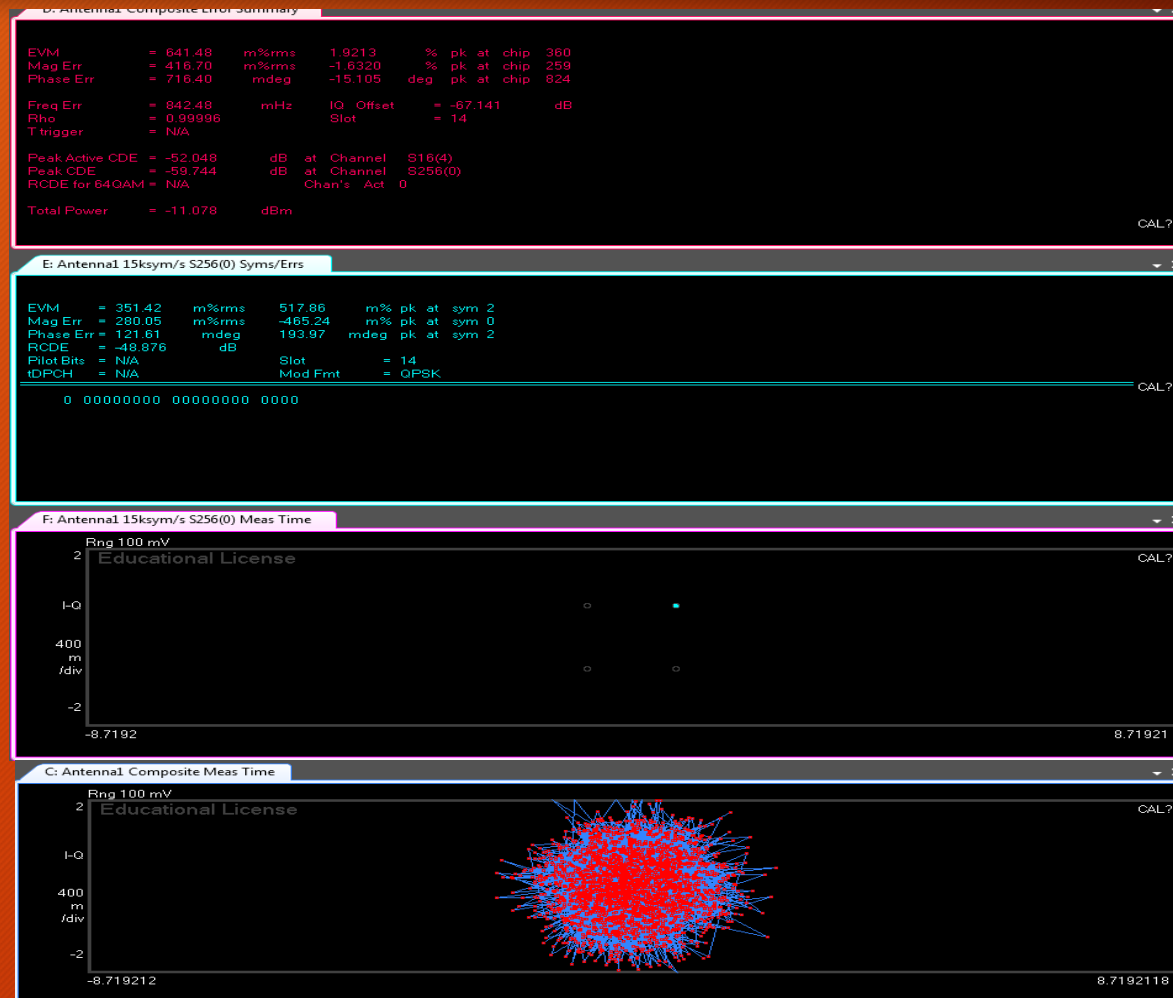
- ⦿ Total power dynamic range
- ⦿ Frequency Error (at Pmax)
- ⦿ EVM



# TEST MODEL 5 + 2 HS-PDSCH

## ⦿ EVM

Για TEST MODEL 5 +4,+8 HS-PDSCH γίνονται οι ίδιες μετρήσεις ,με διαφορετικά αποτελέσματα.



# Συμπεράσματα Εργαστηριακών Μετρήσεων Test Model 1

Για τη μέτρηση ACLR παρατηρούμε ότι:

- Για 16 DPCH κανάλια είναι στα -10.745 dBm.
- Για 32 DPCH κανάλια είναι στα -10.543 dBm.
- Για 64 DPCH κανάλια είναι στα -10.693 dBm.

Επίσης οι μετρήσεις που έγιναν από την κεντρική συχνότητα με  $\pm 10$  MHz είναι:

- Για 16 DPCH είναι lower στα -64.47 dB και upper στα -64.862 dB.
- Για 32 DPCH είναι lower στα -64.404 dB και upper στα -64.572 dB, και
- Για 64 DPCH είναι lower στα -63.859 dB και upper στα -64.406 dB.
- Στα γειτονικά κανάλια μεταφέρεται ένα πολύ μικρό ποσό ισχύος του κεντρικού καναλιού, και έτσι η απώλεια ισχύος του σήματος είναι πολύ μικρή



# Συμπεράσματα Εργαστηριακών Μετρήσεων Test Model 1

## Για τη μέτρηση OBW

- Παρατηρούμε ότι η κεντρική συχνότητα και στις τρεις διαμορφώσεις παραμένει σταθερή στα 2.120 GHz ενώ με την προσθήκη των καναλιών το OBW μειώνεται σταδιακά όπου :
- Για 16 DPCH στα 4.168 MHz
- Για 32 DPCH στα 4.142 MHz , και
- Για 64 DPCH στα 4.199 MHz.

## Για την μέτρηση Total Power dynamic range ( at Pmax)

- Την μέτρηση Total Power dynamic range δεν μπορούμε να την μετρήσουμε διότι απαιτείται να υπάρχει ενισχυτής ισχύος.

# Συμπεράσματα Εργαστηριακών Μετρήσεων Test Model 1

## Για την μέτρηση Frequency Error

- Η μέτρηση αυτή μας δείχνει τη διαφορά του σφάλματος μεταξύ της πραγματικής συχνότητας και της συχνότητας που έχει ανατεθεί.
- Για τα κανάλια:
  - 16 DPCH όπου το Freq Err = -247.55 Hz.
  - 32 DPCH όπου το Freq Err = -179.9 mHz .
- Και τέλος για
  - 64 DPCH όπου το Freq Err είναι -677.65 mHz.
- Η ίδια ανάλυση ισχύει για τις συγκεκριμένες μετρήσεις (aclr ,obw ,tpdr και freq error) για τα υπόλοιπα test models.

# Συμπεράσματα Εργαστηριακών Μετρήσεων Test Model 2

## Για τη μέτρηση ACLR παρατηρούμε ότι:

- Το κανάλι είναι στα -10.459 dBm .
- Επίσης οι μετρήσεις που έγιναν από την κεντρική συχνότητα με  $\pm 10$  MHz είναι:
- Για τα γειτονικά κανάλια lower στα -65.079 dB και upper στα -65.200 dB.

## Για τη μέτρηση OBW

- Παρατηρούμε ότι η κεντρική συχνότητα παραμένει σταθερή στα 2.120 GHz, το OBW μειώνεται στα 4,134 MHz.

## Για την μέτρηση Total Power dynamic range ( at Pmax)

- Την μέτρηση Total Power dynamic range δεν μπορούμε να την μετρήσουμε διότι απαιτείται να υπάρχει ενισχυτής ισχύος.

# Συμπεράσματα Εργαστηριακών Μετρήσεων Test Model 2

## Για την μέτρηση Frequency Error

- Σε αυτή τη διαμόρφωση το Freq Err = -1.1551 Hz.

E: Antenna Composite Error Summary					
EVM	= 680.17	m%rms	2.6470	% pk at chip	217
Mag Err	= 380.44	m%rms	-1.3750	% pk at chip	250
Phase Err	= 691.68	mdeg	6.4331	deg pk at chip	2378
Freq Err	= 1.1551	Hz	IQ Offset	= -68.044	dB
Rho	= 0.0000E		Slot	= 0	
T trigger	= N/A				
Peak Active CDE	= -51.206	dB	at Channel	S128(120)	
Peak CDE	= -52.54	dB	at Channel	S256(241)	
RCDF for 64QAM	= N/A		Chan's Act	0	
Total Power	= -10.628	dRm			0V1

# Συμπεράσματα Εργαστηριακών Μετρήσεων Test Model 3

## Για την μέτρηση Peak Code Domain Error

- Η μέτρηση αυτή μας δείχνει τον λόγο της μέγιστης ισχύος προς τη μέγιστη ισχύ της κυματομορφής αναφοράς όπου:
- Για 16 DPCH το Peak Code Domain Error είναι στα -56.277 dB ενώ ,
- Για 32 DPCH το Peak Code Domain Error είναι στα -62.247 dB.
- Οι μετρήσεις αυτές συμφωνούν με τις προδιαγραφές της 3 GPP διότι δεν ξεπερνούν τα -33 dB.

# Συμπεράσματα Εργαστηριακών Μετρήσεων Test Model 4 με C-PICH

## Για την μέτρηση Total Power dynamic range ( at Pmax)

- Την μέτρηση Total Power dynamic range δεν μπορούμε να την μετρήσουμε διότι απαιτείται να υπάρχει ενισχυτής ισχύος.

## Για την μέτρηση Frequency Error

- Βλέπουμε ότι το Freq Err = -594.09 Hz.

## Για την μέτρηση EVM

- Το EVM σε αυτή τη διαμόρφωση είναι: 38.664 %.
- Παρατηρούμε ότι το EVM είναι μεγαλύτερο από το 12.5% που αναφέρεται στις προδιαγραφές για διαμόρφωση 16-QAM.

# Συμπεράσματα Εργαστηριακών Μετρήσεων Test Model 4 χωρίς C-PICH

## Για την μέτρηση Total Power dynamic range ( at Pmax)

- Την μέτρηση Total Power dynamic range δεν μπορούμε να την μετρήσουμε διότι απαιτείται να υπάρχει ενισχυτής ισχύος.

- 

## Για την μέτρηση Frequency Error

- Βλέπουμε ότι το Freq Err = -1.2672 Hz.

## Για την μέτρηση EVM

- Το EVM σε αυτή τη διαμόρφωση είναι: 637.01 m%.
- Παρατηρούμε ότι το EVM είναι πολύ μικρότερο από το 12.5% που αναφέρεται στις προδιαγραφές για διαμόρφωση 16-QAM.

# Συμπεράσματα Εργαστηριακών Μετρήσεων Test Model 5

## Για την μέτρηση Total Power dynamic range ( at Pmax)

- Την μέτρηση Total Power dynamic range δεν μπορούμε να την μετρήσουμε διότι απαιτείται να υπάρχει ενισχυτής ισχύος.

## Για την μέτρηση Frequency Error

- Βλέπουμε ότι το Freq Err = -1.2672 Hz.

## Για την μέτρηση EVM

- Το EVM σε αυτή τη διαμόρφωση είναι: 637.01 m%.
- Παρατηρούμε ότι το EVM είναι πολύ μικρότερο από το 12.5% που αναφέρεται στις προδιαγραφές για διαμόρφωση 16-QAM.