



«ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ LTE TDD»

Αρβανίτης Αντώνης Α.Ε.Μ 2256
Τριαντσίδου Παρθένα Α.Ε.Μ 2746
Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Δημήτριος Ευσταθίου
Σέρρες, Μάρτιος 2017

Σκοπός της Πτυχιακής

Η μελέτη και η ανάλυση ενός σήματος LTE TDD μονού φορέα και εν συνεχεία η μελέτη και ανάλυση του ίδιου σήματος με την προσθήκη λευκού θορύβου χρησιμοποιώντας τη γεννήτρια σήματος και τον φασματικό αναλυτή.

Περιεχόμενα της Παρουσίασης

- Η εξέλιξη των κινητών δικτύων επικοινωνιών
- Προδιαγραφές και τεχνικές μετάδοσης του LTE
- OFDM
- Εργαστηριακές μετρήσεις
- Εμπόδια Πτυχιακής
- Συμπεράσματα - Προτάσεις για επέκταση

Η Εξέλιξη των Κινητών Δικτύων Επικοινωνιών

- Πρώτη Γενιά (1G)
- Δεύτερη Γενιά (2G)
- Τρίτη Γενιά (3G)
- Long Term Evolution (4G)
- Πέμπτη Γενιά (5G)

Προδιαγραφές και τεχνικές μετάδοσης του LTE

● Πλεονεκτήματα του LTE

- Η υψηλή ρυθμο-απόδοση
- Ο χαμηλός χρόνος λανθάνουσας καθυστέρησης (latency)
- Η υψηλή χωρητικότητα τομέα και κυψέλης
- Η συνύπαρξη FDD και TDD στην ίδια πλατφόρμα
- Η απλή αρχιτεκτονική δικτύου κορμού, που έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερο λειτουργικό κόστος.

● Στόχοι του LTE

- Αυξημένος μέγιστος ρυθμός ροής δεδομένων για uplink/downlink.
- Κλιμάκωση στο εύρος ζώνης.
- Βελτιωμένη φασματική απόδοση.
- Μεταφορά δεδομένων και φωνής βασισμένη στο IP (Internet Protocol)

Βασική Τεχνική Μετάδοσης στο LTE

Υπάρχουν δύο τύποι δομών πλαισίου στο LTE.

Πρώτος τύπος για Αμφιδρόμηση με Διαίρεση Χρόνου

- χρησιμοποιείται για συστήματα που εφαρμόζουν LTE FDD (Frequency Division Duplex) αμφιδρόμηση.

Δεύτερος τύπος για Αμφιδρόμηση με διαίρεση Συχνότητας :

- χρησιμοποιείται για συστήματα που εφαρμόζουν LTE TDD (Time Division Duplex) αμφιδρόμηση.

OFDM

(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

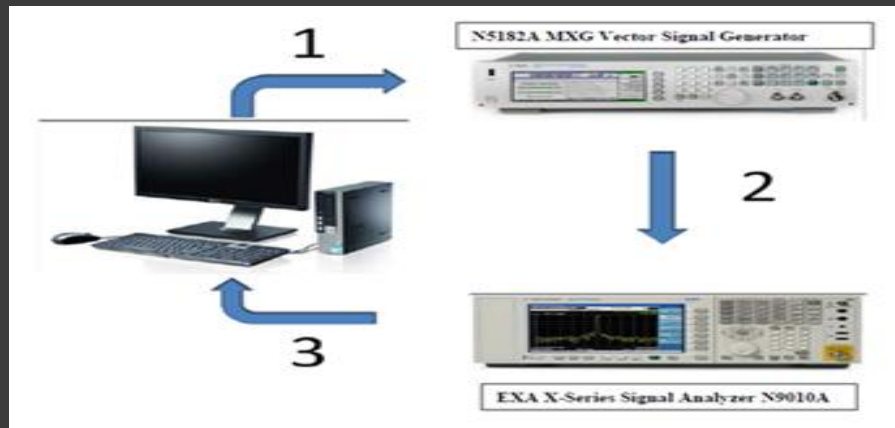
- ⦿ Επιτυγχάνει αποδοτική χρήση του εύρους ζώνης του μέσου μετάδοσης
- ⦿ Έχει καλή συμπεριφορά απέναντι σε παρεμβολές κρουστικού θορύβου
- ⦿ Είναι δύσκολο να επιτευχθεί συγχρονισμός μεταξύ του πομπού και του δέκτη
- ⦿ Είναι ευαίσθητο σε μετατοπίσεις συχνότητας της φέρουσας
- ⦿ Μεγάλος αριθμός υποφερόντων στενής ζώνης για τη μετάδοση πολυφερόντων

Φυσικά Επίπεδα Downlink OFDM

- **Physical Broadcast Channel (PBCH)**
- **Physical Downlink Control Channel (PDCCH)**
- **Physical Downlink Share Channel (PDSCH)**
- **Physical Hybrid ARQ Indicator Channel (PHICH)**
- **Physical Control Format Indicator Channel (PCFICH)**
- **Physical Hybrid ARQ Indicator Channel (PHICH)**

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



Αρχικός έλεγχος για την ορθή λειτουργία των Test Models (1)

T_M 1.2			T_M 2	T_M 3.1	T_M 3.2	T_M 3.3
QPSK	16QAM	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	QPSK
OK	OK	OK	OK	OK	X	X
OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

	ΚΑΝΕΙ GENERATE ΚΑΙ ΜΑΣ ΔΙΝΕΙ ΣΑΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ QPSK: 42 % & 64QAM: 12
	ΔΕΝ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΚΑΝΕΙ GENERATE
	ΚΑΝΕΙ GENERATE ΚΑΙ ΕΧΕΙ ΚΑΙ ΣΩΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ 1-2% ΣΤΟ EVM(%rms)
	ΚΑΝΕΙ GENERATE ΑΛΛΑ ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΣΩΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΤΟ EVM(%rms), ΕΙΝΑΙ ΚΟΝΤΑ ΣΤΟ 50 %
	ΚΑΝΕΙ GENERATE ΑΛΛΑ ΟΙ ΤΙΜΕΣ ΑΠΟ ΤΟ EVM(%rms), ΕΙΝΑΙ 20 -30 %
	ΚΑΝΕΙ GENERATE ΑΛΛΑ ΔΕΝ ΕΜΦΑΝΙΖΕΙ ΤΙΜΗ

Αρχικός έλεγχος για την ορθή λειτουργία των Test Models (2)

● Για 0 dBm

FREQUENCY	T_M 1.2	T_M 2	T_M 3.1
	QPSK	64QAM	64QAM
3 MHz	0.7/ 0.7 %rms	0.6/0.5 %rms	0.7/0.8 %rms
5 MHz	0.7/ 0.68 %rms	0.5/0.5 %rms	0.7/0.7 %rms
10 MHz	0.7/ 0.7 %rms	0.6/0.6 %rms	0.8/0.8 %rms

● Για -10 dBm

FREQUENCY	T_M 1.2	T_M 2	T_M 3.1
	QPSK	64QAM	64QAM
3 MHz	1.1/ 1.1 %rms	09/08 %rms	1.1/1.1 %rms
5 MHz	1.3/ 2.2 %rms	1/0.9 %rms	1.3/1.3 %rms
10 MHz	1.8 / 1.8 %rms	1.1/1.1 %rms	1.8/1.8 %rms

● Για -20 dBm

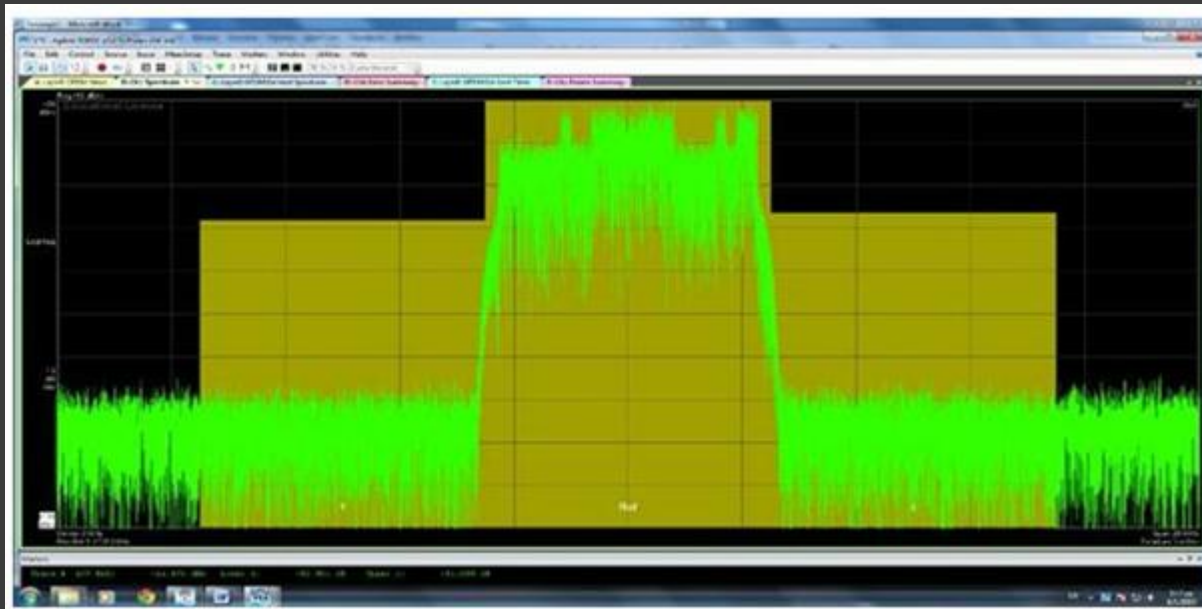
FREQUENCY	T_M 1.2	T_M 2	T_M 3.1
	QPSK	64QAM	64QAM
3 MHz	2.4 / 10 %rms	2.1/2 %rms	3/3 %rms
5 MHz	3.7 / 3.7 %rms	2.6/2.6 %rms	4/4 %rms
10 MHz	5.4 / 5.4 %rms	3.3/3.2 %rms	5.5/5.5 %rms

Δεδομένα και Test Models που χρησιμοποιήθηκαν

- Στο σύνολο των μετρήσεων χρησιμοποιήσαμε συχνότητες 3, 5, 10 MHz
- Τα Test Models που χρησιμοποιήσαμε είναι τα 1.2 ,2 , 3.1
- Και έγινε και η προσθήκη λευκού θορύβου για -10 dBm , -20 dBm

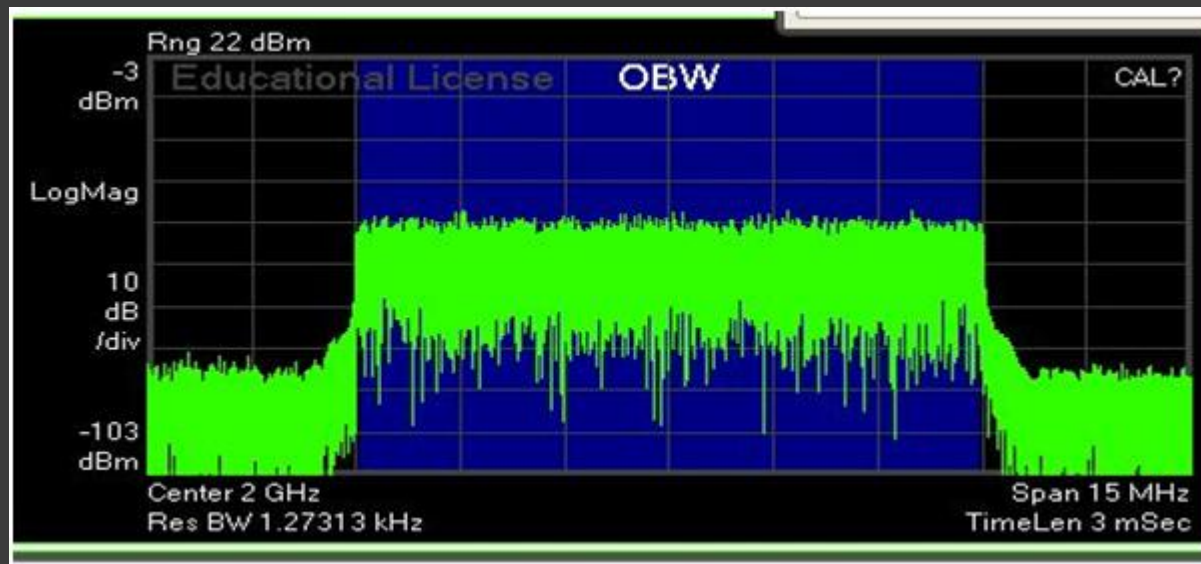
TEST MODEL 1.2 (1)

- ⦿ ACLR (Adjacent Channel Leakage Ratio) Occupied Bandwidth και Occupied Bandwidth
- ⦿ ACLR: Η διάχυση ισχύος στα γειτονικά κανάλια

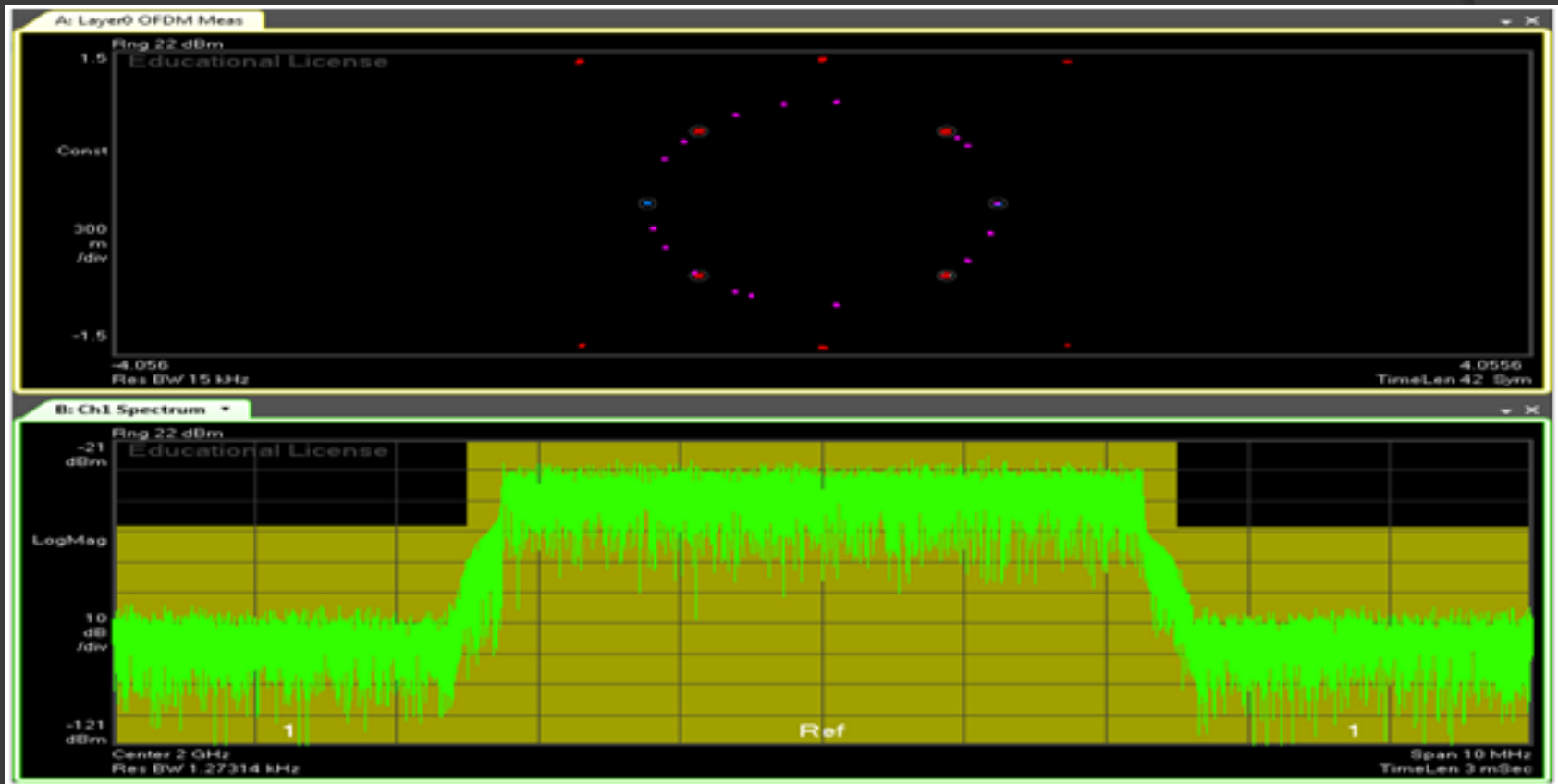


TEST MODEL 1.2 (2)

- © Occupied Bandwidth: υποδηλώνει το ωφέλιμο ή “πραγματικό” εύρος ζώνης που καταλαμβάνει το σήμα μας



TEST MODEL 1.2 (3)



Markers

Trace B	OBW:	4 475 857.85 Hz	Centroid:	2 000 001 460.60 Hz	Offset:	1 460.60 Hz
	ACP Ref:	-0.885 dBm	Lower 1:	-48.441 dB	Upper 1:	-48.852 dB

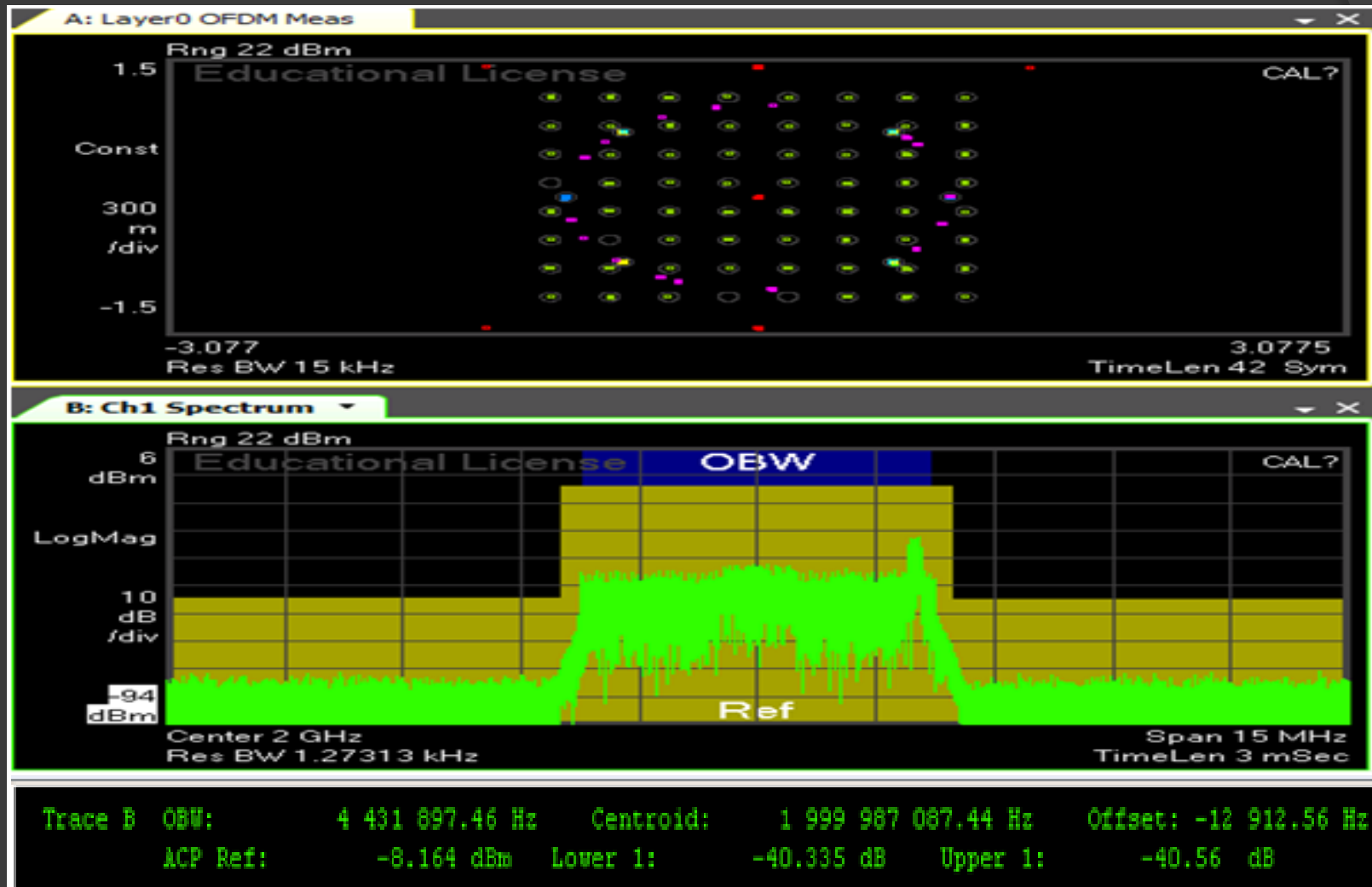
TEST MODEL 1.2 (4)

EVM: Δείχνει τη διαφορά μεταξύ των ιδανικών τιμών των συμβόλων και των πραγματικών τιμών που παίρνουμε στην έξοδο του πομπού

D: Ch1 Error Summary		
EVM	= 688.00	m%rms at EVMWindow End
EVM Pk	= 5.8464	% at sym 0, subcar -31
Data EVM	= 722.93	m%rms
- 3GPP-defined QPSK EVM	= 747.89	m%rms
- 3GPP-defined 16QAM EVM	= —	
- 3GPP-defined 64QAM EVM	= —	
RS EVM	= 640.14	m%rms
RS Tx. Power (Avg)	= -25.272	dBm
OFDM Sym. Tx. Power	= -0.501	dBm
RS Rx. Power (Avg)	= -25.272	dBm
RSSI	= -0.536	dBm
RS Rx. Quality	= -10.756	dB
<hr/>		
Freq Err	= -1.8344	Hz
SyncCorr	= 99.767	% using P-SS
Common Tracking Error	= 90.826	m%rms
SymClk Err	= 0.28713	ppm
Time Offset	= 756.38	usec
IQ Offset	= -53.696	dB
IQ Gain Imbalance	= -0.005	dB
IQ Quad. Error	= -157.83	mdeg
IQ Timing Skew	= -30.454	psec
<hr/>		
CP Length Mode	= Normal(auto)	
Cell ID	= 1	(auto)
Cell ID Group/Sector	= 0/1	(auto)
RS PRS	= 3GPP	

F: Ch1 Frame Summary				
Channel	EVM(%rms)	Power(dB)	Mod.Fmt.	Num.RB
P-SS	0.54953	-0.00437	Z-Chu	7
S-SS	0.56823	-0.00065	BPSK	7
PBCH	0.65382	0.00071	QPSK	7
PCFICH	0.59082	0.01258	QPSK	8
PHICH	1.6467	0.71922	BPSK (CDM)	6
PDCCH	0.52674	1.8776	QPSK	47
RS	0.64014	0	QPSK	75
PDSCH_QPSK	0.72293	-0.00052	QPSK	75
PDSCH_16QAM	—	—	16QAM	—
PDSCH_64QAM	—	—	64QAM	—
Non-alloc	—	—	—	—

Test Model 2 (1)



Test Model 2 (2)

D: Ch1 Error Summary

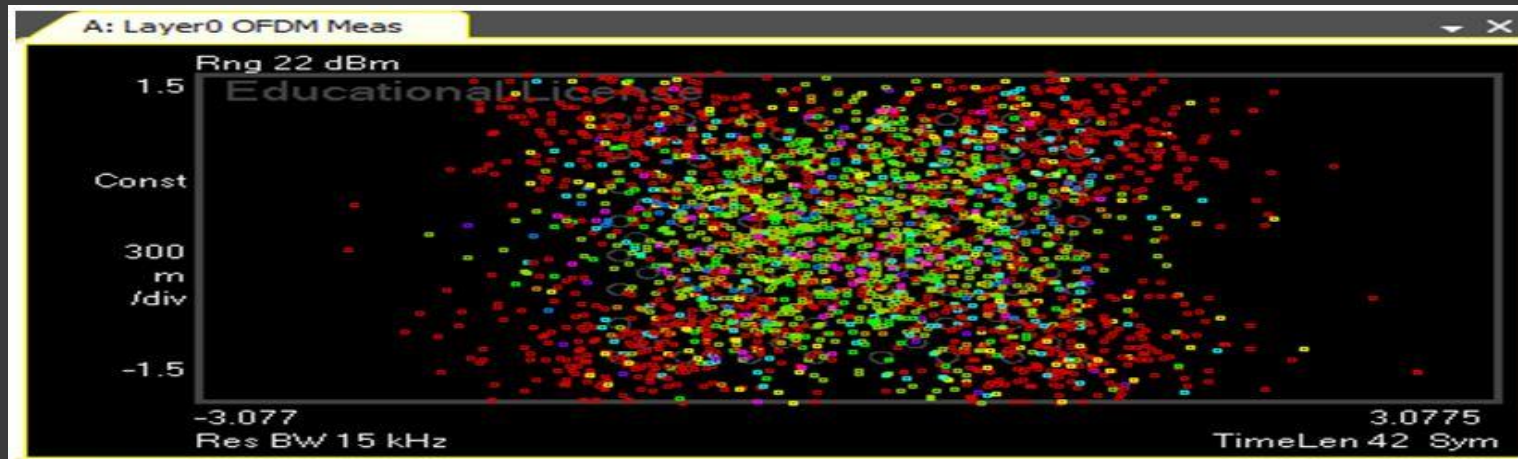
EVM	= 544.53	m%rms at EVM Window End
EVM Pk	= 1.4949	% at sym 13, subcar 3
Data EVM	= 480.20	m%rms
- 3GPP-defined QPSK EVM	= --	
- 3GPP-defined 16QAM EVM	= --	
- 3GPP-defined 64QAM EVM	= 495.25	m%rms
RS EVM	= 357.68	m%rms
RS Tx. Power (Avg)	= -22.38	dBm
OFDM Sym. Tx. Power	= -10.242	dBm
RS Rx. Power (Avg)	= -22.38	dBm
RSSI	= -2.144	dBm
RS Rx. Quality	= -6.257	dB
<hr/>		
Freq Err	= -855.45	mHz
SyncCrr	= 98.724	% using P-SS
Common Tracking Error	= 367.76	m%rms

F: Ch1 Frame Summary

Channel	EVM(%rms)	Power(dB)	Mod.Fmt	Num.RB
P-SS	0.70377	0.00354	Z-Chu	7
S-SS	0.80392	0.00265	BPSK	7
PBCH	0.71274	-0.00340	QPSK	7
PCFICH	0.46531	-0.00106	QPSK	8
PHICH	0.45927	-1.0996	BPSK (CDM)	6
PDCCH	0.49978	0.00463	QPSK	33
RS	0.35768	0	QPSK	75
PDSCH_QPSK	--	--	QPSK	--
PDSCH_16QAM	--	--	16QAM	--
PDSCH_64QAM	0.48020	0.09346	64QAM	3
Non-alloc	0.33097	--	--	--

TEST MODEL 1.2

Προσθήκη θερμικού θορύβου(1)



Trace B OBW: 3 467 496.58 Hz Centroid: 1 999 989 574.90 Hz Offset: -10 425.10 Hz
ACP Ref: -1.262 dBm

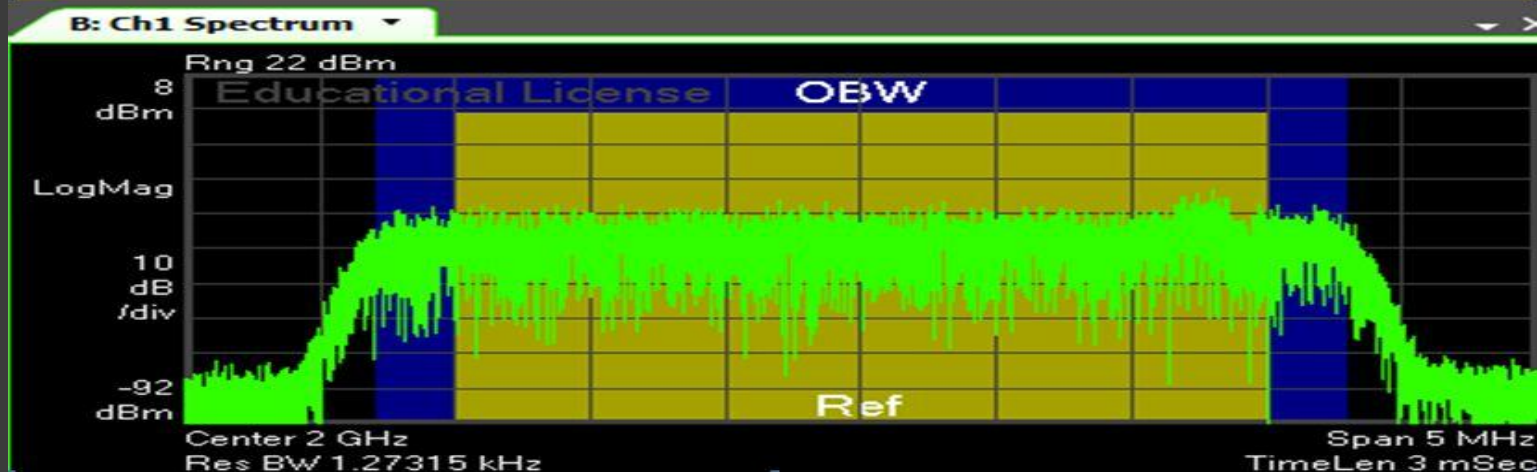
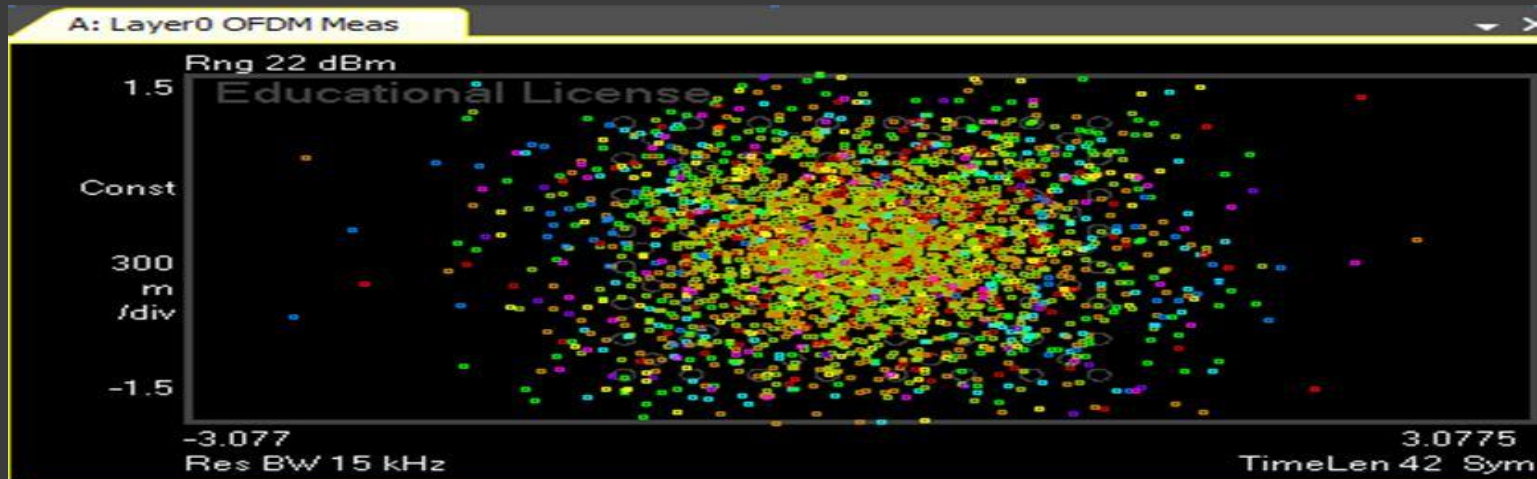
TEST MODEL 1.2

Προσθήκη θερμικού θορύβου(2)

D: Ch1 Error Summary			F: Ch1 Frame Summary				
EVM	= 59.174	%rms at EVMWindow Start	Channel	EVM(%rms)	Power(dB)	Mod.Fmt.	Num.RB
EVM Pk	= 184.75	% at sym 3, subcar -90	P-SS	78.621	-2.786	Z-Chu	7
Data EVM	= 59.182	%rms	S-SS	66.177	-3.0568	BPSK	7
- 3GPP-defined QPSK EVM	= 69.532	%rms	PBCH	56.693	-3.0035	QPSK	7
- 3GPP-defined 16QAM EVM	= —		PCFICH	57.764	0.47644	QPSK	8
- 3GPP-defined 64QAM EVM	= —		PHICH	11.653	0.49161	BPSK (CDM)	8
RS EVM	= 54.259	%rms	PDCCH	67.836	1.3796	QPSK	28
RS Tx. Power (Avg)	= -23.689	dBm	RS	54.259	0	QPSK	45
OFDM Sym. Tx. Power	= -0.644	dBm	PDSCH_QPSK	67.151	1.5776	QPSK	22
RS Rx. Power (Avg)	= -23.689	dBm	PDSCH_16QAM	37.117	-3.5144	16QAM	3
RSSI	= -1.184	dBm	PDSCH_64QAM	27.572	-2.2724	64QAM	20
RS Rx. Quality	= -10.745	dB	Non-alloc	—	—	—	—
<hr/>							
Freq Err	= -176.59	Hz					
SyncCorr	= 51.468	% using P-SS					
Common Tracking Error	= 27.908	%rms					

TEST MODEL 2

Προσθήκη θερμικού θορύβου(1)



Trace B OBW: 3 591 367.86 Hz Centroid: 2 000 002 195.35 Hz Offset: 2 195.35 Hz
ACP Ref: -3.471 dBm

TEST MODEL 2

Προσθήκη θερμικού θορύβου(2)

D: Ch1 Error Summary			F: Ch1 Frame Summary				
EVM	= 54.406	%rms at EVM Window Start	Channel	EVM(%rms)	Power(dB)	Mod.Fmt	Num.RB
EVM Pk	= 212.06	% at sym 9, subcar -28	P-SS	68.011	-0.21551	Z-Chu	7
Data EVM	= 45.197	%rms	S-SS	69.755	0.20033	BPSK	7
- 3GPP-defined QPSK EVM	= —		PBCH	64.567	-0.07453	QPSK	7
- 3GPP-defined 16QAM EVM	= 40.474	%rms	PCFICH	60.738	0.45882	QPSK	8
- 3GPP-defined 64QAM EVM	= —		PHICH	14.122	-0.81375	BPSK (CDM)	8
RS EVM	= 66.119	%rms	PDCCH	57.635	-1.4804	QPSK	28
RS Tx. Power (Avg)	= -22.033	dBm	RS	66.119	0	QPSK	45
OFDM Sym. Tx. Power	= -3.858	dBm	PDSCH_QPSK	65.554	-4.3689	QPSK	5
RS Rx. Power (Avg)	= -22.033	dBm	PDSCH_16QAM	43.113	-4.2408	16QAM	15
RSSI	= -1.719	dBm	PDSCH_64QAM	30.023	-4.4931	64QAM	25
RS Rx. Quality	= -8.553	dB	Non-alloc	—	—	—	—
<hr/>							
Freq Err	= 15.427	Hz					
SyncErr	= 65.341	% using P-SS					
Common Tracking Error	= 10.922	%rms					

Εμπόδια Πτυχιακής

- Προσθήκη 3ου ομοαξονικού καλωδίου.
- Αδυναμία παραγωγής σωστών αποτελεσμάτων σύμφωνα με τα πρότυπα των Test Models.
- Αδυναμία συγχρονισμού του φασματικού αναλυτή με το λογισμικό Signal Analyzer του υπολογιστή.
- Αδυναμία δημιουργίας του σήματος μέσω του προγράμματος ADS.

Συμπεράσματα - Προτάσεις για επέκταση της πτυχιακής εργασίας

- ◎ Βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων
- ◎ Προσθήκη και δεύτερου φορέα
- ◎ Δημιουργία σήματος με το ADS

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε θερμά τον επιβλέπων καθηγητή μας κ. Ευσταθίου για την πολύτιμη βοήθεια του, με την οποία καταφέραμε να ολοκληρώσουμε την πτυχιακή μας εργασία, καθώς επίσης και εσάς κύριοι καθηγητές και εξεταστές για την προσοχή σας και το χρόνο που μας αφιερώσατε.