

## مقارنة تأثير ضجيج القناة الأبيض وتعدد المسارات على معدل خطأ البت لتطبيقات الملتيميا في نظام OFDM مع أنظمة التعديل

هالة عبد الحق عجيل\*

(تاريخ الإيداع 13 / 4 / 2015. قُبل للنشر في 9 / 8 / 2015)

### □ ملخص □

يقدم هذا البحث دراسة تحليلية لمعدل خطأ البت في نظام OFDM في تطبيقات نقل الملتيميا من خلال نموذج مصمم على برنامج الماتلاب وقد تم اختبار أداء النظام مع عدة أنظمة تعديل ...، 8PBSK، PBSK، أجريت هذه الحسابات على عدة مستويات للضجيج مع أنظمة التعديل المختارة كما تم اختبار أداء النظام ومعدل الخطأ مع وبدون وجود تعدد مسارات وعرضت النتائج من خلال جداول ومنحنيات توضيحية.

الكلمات المفتاحية: OFDM ، معدل خطأ البت تعدد المسارات ضجيج القناة الأبيض، 8PBSK.

\* قائمة بالأعمال - قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية -جامعة تشرين - اللاذقية -سورية

## **AWGN and Rayleigh Fading effects on BER Compression for Multimedia Application for OFDM system with Different Modulation Techniques**

Hala ojiel\*

(Received 13 / 4 / 2015. Accepted 9 / 8 / 2015)

### **□ ABSTRACT □**

This research offers an analyzing study for BER in OFDM system through Module designed by matlab, the performance was tested with different modulation techniques as PBSK, 8PBSK....

The measurement was taken at multi AWGN levels for different modulation techniques besides BER testing in Rayleigh fading channel and without Rayleigh fading  
All results illustrated in suitable tables and curve.

**Keywords:** OFDM, BER, Rayleigh Fading, AWGN, PBSK

---

\*Academic Associate , Department of Communication & Electronic Engineering ,Faculty of Mechanical & Electrical Engineering ,Tishreen University, Lattakia , Syria .

## مقدمة:

تعد تقنية توزيع وتقسيم التردد المتعامد Orthogonal Frequency Division Multiplexing OFDM من إحدى أهم تقنيات تراسل المعطيات وأصبحت تستخدم على نطاق واسع لكثير من أنواع الشبكات اللاسلكية ، تمثل هذه التقنية دمج بين عمليتي التعديل و التوزيع في أنظمة تنقل البيانات و المعلومات. يتميز نظام OFDM أنه من أنظمة التعديل الأساسية من حيث الكثافة الطيفية إضافة إلى تغلبه على كثير من العوامل المؤثرة على الإشارة الراديوية كالضجيج الأبيض وتعدد المسارات لذلك أصبح مستخدماً في كثير من التطبيقات والمعايير القياسية للشبكات اللاسلكية الحاسوبية كالمعيار IEEE802.11 وغيرها من المعايير [1]. سنقدم من خلال هذا البحث محاكاة على برنامج الماتلاب لنظام OFDM بوجود عدة أنظمة تعديل إضافة إلى ضجيج أبيض واختبار هذا النظام بالنسبة لقيم مختلفة لإشارة الضجيج من حيث معدل الخطأ كذلك اختبار أداء هذا النظام من حيث تعدد المسارات.

## أهمية البحث وأهدافه:

يعتبر هذا البحث ذو أهمية كبيرة لنظم الاتصالات وتراسل المعطيات ضمن الاتصالات الراديوية بشكل عام وضمن الشبكات الحاسوبية اللاسلكية بشكل خاص ويهدف إلى النقاط الآتية:

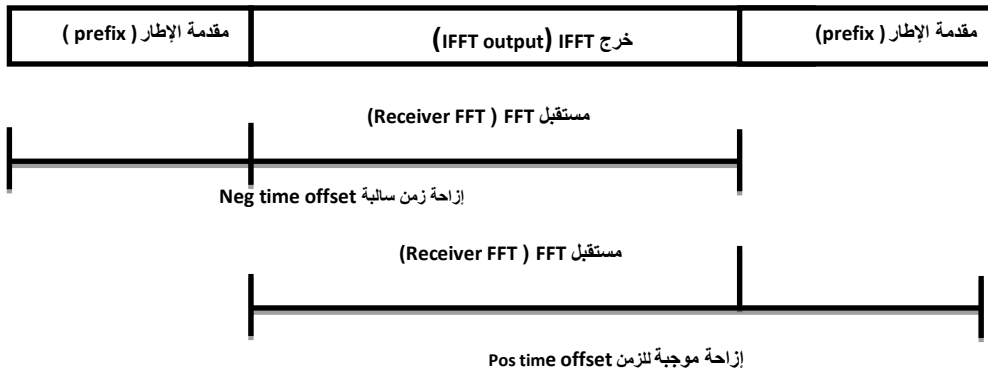
1. بناء نموذج لنظام OFDM ضمن برنامج الماتلاب .
2. اختبار أداء هذا النظام بالنسبة لأنواع مختلفة من تقنيات التعديل لعمليات نقل ملفات الصورة.
3. اختبار مدى قدرة تقنية OFDM بالتعامل مع تعدد المسارات لتطبيقات الملتيميديا.

## طرائق البحث ومواده:

### 1- أساسيات نظام OFDM:

تعتمد نظم الاتصال في عملية النقل على مفهوم البت كما يستخدم التعبير Symbol للتعبير عن عدد محدد من البتات تصدر عن منبع المعلومات ، وتشكل بيانات نظام OFDM من خلال استخدام تقنية تعديل BPSK, MPSK, QAM... للتحليل الطيفي للرموز ومن ثم تحويل هذا الطيف إلى المجال الزمني باستخدام تحويل فورييه العكسي السريع IFFT أو المتقطع IDFT ونتيجة هذه العملية تتولد مجموعة من الترددات يتم إرسالها بشكل تفرعي بحيث تشغل كامل النطاق الترددي [3] [2].

تقسم الرموز أثناء عملية التعديل إلى إطارات Frames لذلك فإن عملية التعديل تتم على قطار متتالي من الإطارات بحيث نحافظ على التزامن في طرف الاستقبال ، وعملية التزامن تتأثر بطول الرمز إذ تضعف القدرة على تحقيق التزامن مع زيادة طول الرمز لذلك يتم إضافة لاحقة أو سابقة حلقة Cyclic Prefix لكل رمز ويتم ذلك بأخذ نسخة مطابقة من الرمز و عادة تكون بنسبة 25% من الإطار تؤخذ من نهاية الرمز وتضاف إلى بدايته مما يسمح لفاك التعديل من النقاط الرمز وتحصيل المعلومات الصحيحة كما هو موضح في الشكل (1):



الشكل ( 1 ) إطارات النظام OFDM

## 2 - بارامترات ومحددات نظام OFDM:

### 1-2 عدد الحوامل:

يحدد عدد الترددات الحاملة ضمن نظام OFDM من خلال عرض الحزمة بالإضافة إلى حجم تحويل فورييه العكسي وتحدد رقمياً بالعلاقة:

$$\text{Number of carriers} \leq (\text{IFFT} / 2) - 2$$

ويتعلق حجم تحويل فورييه بتعقيد النظام وبالتالي يتغير معدل الخطأ تبعاً لاختيار نظام التعديل ومن خلال هذا المبدأ فإن الدرجات الأعلى لتقنيات التعديل تنتج حجم أكبر للرمز وعدد أقل من الرموز ومعدل أكبر للبت وبالتالي زيادة في خطأ البت، وهذا يعود لطبيعة تقنية التعديل والتي يتوزع ضمنها بشكل عام المجال الزاوي  $0-360^\circ$  إلى عدة أقسام تبعاً لدرجة تقنية التعديل وبالتالي زيادة نسبة التقسيم ستسبب تداخلات وأخطاء أكثر.

### 2-2 التعامدية:

تعد التعامدية هي المفتاح الأساسي للنظام OFDM والتي تعبر عن التعامدية بين الحوامل و نقول عن إشارتين أنهما متعامدتان إذا كان جداولهما يساوي الصفر ويتحقق هذا الشرط للإشارات الجيبية الناشئة عن جداء عدد صحيح بتردد أساسي وبالتالي يمكن التعبير عن التعامدية من خلال العلاقة الرياضية.

$$\int_0^T \cos(2\pi n f_0 t) * \cos(2\pi m f_0 t) = 0 \quad (n \neq m)$$

حيث أن  $n, m$  هما عدداً صحيحان غير متساويان

$f$  هو التردد الأساسي

$T$  هو المدة الزمنية التي يتم عليها التكامل ، وهي ضمن نظام OFDM توافق زمن واحد ويتم اختيار

$$f_0 = 1/T \quad \text{كقيمة أمثلية [4] [5].}$$

### 3- تعدد المسارات:

يشكل الهواء الوسط الأساسي للشبكات اللاسلكية ويوجد محددات على المسارات للإشارة المرسله وبالتالي يمكن أن تنعكس هذه الإشارة على الكثير من الأشياء كالمباني والأشجار.....الخ قبل وصولها إلى المستقبل وهذا سبب ظهور وجود عدة مسارات للإشارات المرسله بين المرسل والمستقبل وبالتالي ستسبب تداخلات متلاحقة على الإشارات

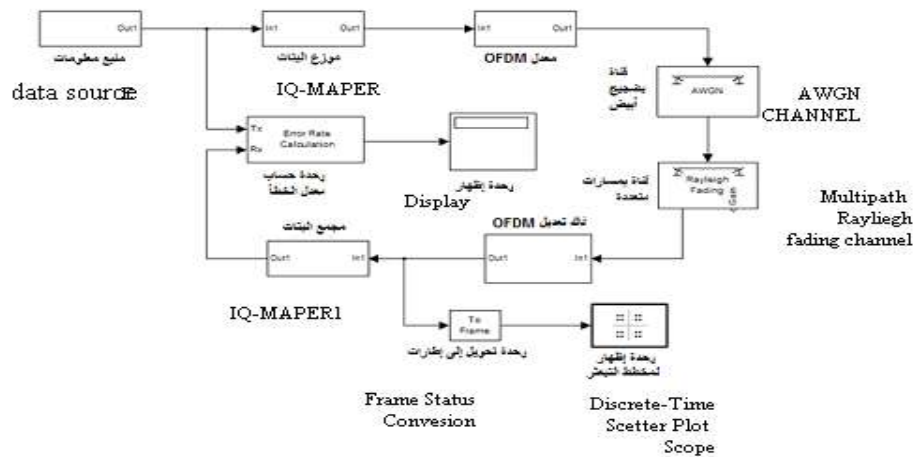
عند طرف الاستقبال وهذا ما يعبر عنه في المسافة القصيرة بالمصطلح Fast Fading وتكون نسبة تأثيره عادةً ضمن المجال 10-30DB [6].

#### 4 - خصوصية تطبيقات الملتيميديا:

تعد تطبيقات الملتيميديا من أكثر التطبيقات خصوصيةً في أنظمة الشبكات اللاسلكية وأنظمة التعديل لكونها تتطلب عرض حزمة كبيرة مقارنةً مع البيانات أو حتى الصوت، إضافة إلى ذلك فإن حجم البيانات المعبرة عن الملفات تكون كبيرة وبالتالي معدل الخطأ إذا ما قورن بالنسبة للملف الواحد سيكون كبير جداً وهذا يفرض الكثير من المتطلبات على تقنيات التعديل ونقل المعطيات من أجل تقليل هذا الخطأ والقدرة على التعامل مع الحجم الكبير للبيانات.

#### النتائج والمناقشة :

من خلال هذا البحث سنقوم بداية بتصميم منظومة نقل معطيات تتعامل مع عدة أنظمة تعديل ، BPSK , QPSK, 16PSK,64PSK مدعمة بتقنية OFDM لتطبيقات الملتيميديا لئتم من خلالها اختبار أداء هذه المنظومات في عملية نقل ملف بصورة بالنسبة لمستويات مختلفة من الضجيج [7] [8]،، كما سنقارن أداء هذه المنظومة بالنسبة إلى تعدد المسارات ، وتحديد مدى قدرة هذه المنظومات على التعامل مع مثل هذه المعوقات. البنية الأساسية لنظام OFDM: يتكون نظام OFDM بشكل أساسي من مجموعة وحدات أساسية موضحة في الشكل (2)



الشكل (2) المخطط العام لنظام OFDM

وهذه الوحدات موزعة إلى ثلاثة أقسام رئيسية:

1. وحدة إرسال.
2. قناة اتصال.
3. وحدة استقبال.

تتكون وحدة الإرسال من منبع للبيانات يقدم المعلومات بشكل إطارات ذات عرض محدد إلى نظام التعديل المناسب.... BPSK,QPSK والذي يولد إشارة معدلة طورياً بدرجة تبعاً لرتبة النظام المستخدم وخرج هذه الإشارة تدخل إلى وحدة تعديل OFDM حيث يتم تحميل البيانات على مجموعة حوامل متوزعة على كامل عرض الحزمة المستخدمة وباعتبار أن خرج المعدل BPSK سيكون على شكل إشارة ترددية سنحتاج لإجراء تحويل فورييه العكسي لخرج هذا المعدل ليكون دخل معدل OFDM إشارة زمنية[9].

بعد ذلك تنتقل الإشارات المعدلة ضمن قناة الاتصال حيث تتعرض للضجيج الأبيض وتعدد المسارات فتنشأ أخطاء في المعلومات قبل وصول الإشارة المعدلة إلى طرف الاستقبال.

وفي طرف الاستقبال يتم بداية فك تعديل الإشارة OFDM والتي تتطلب بداية كشف تزامن الإطار بحيث تتم عملية فك التعديل بشكل صحيح وخرج هذه الوحدة ستدخل على مرحلة التعديل الثانية المحددة بنظام PSK لذلك يتم إجراء تحويل فورييه للإشارة الناتجة من أجل توافق الدخل مع وحدة فك التعديل لنحصل في النهاية على إشارة المعلومات [10].

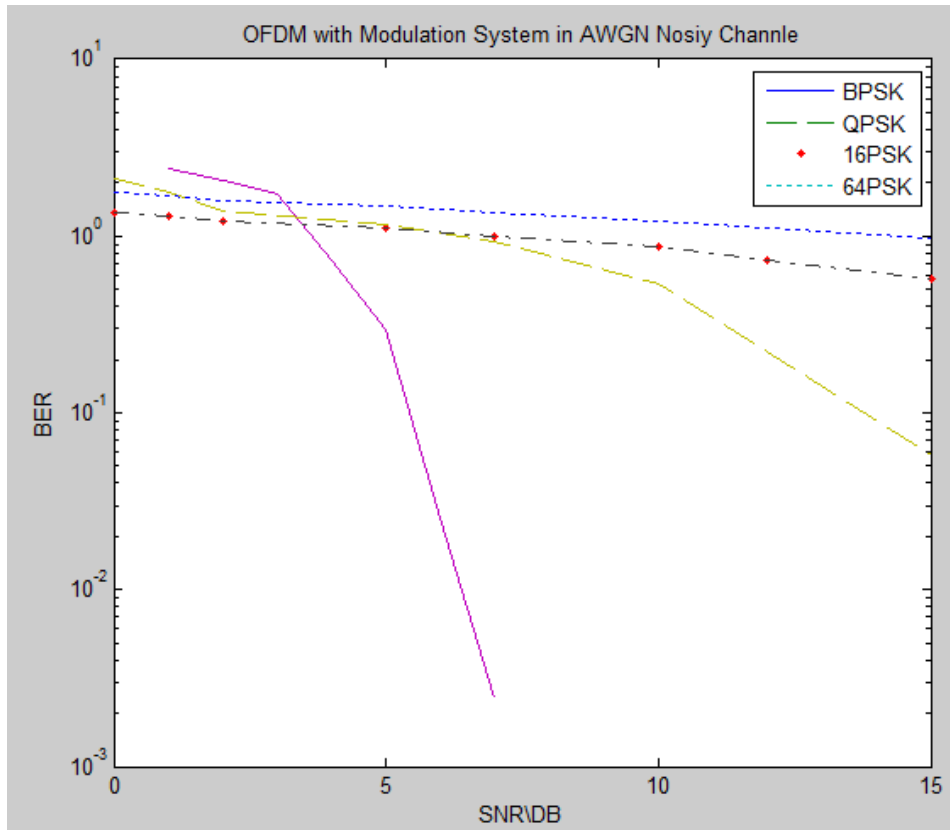
تم اختبار النظام مع اختيار معلومات الدخل لتكون معبرة عن صورة رمادية ذات أبعاد 640\*480 وتم اختيار مجموعة من رتب نظام التعديل PSK فكانت النتائج كما هو مبين في الجدول (1) ، وهذا الاختبار تم من أجل مجال متغير من نسبة الإشارة للضجيج اعتباراً من 0DB وحتى 15DB.

الجدول (1) نتائج الاختبار لنظام OFDM مع عدة مستويات للضجيج

BPSK			
نسبة الإشارة للضجيج (SNR)	معدل خطأ البت (BER)	عدد البتات الخاطئة No. of Error Bit	عدد البتات الكلي Total No .of Bits
0	2.41678	465147.6523	2457600
1	2.05874	397042.957	2457600
2	1.71349	329462.5375	2457600
5	0.72887	141912.4875	2457600
7	0.29411	58271.32867	2457600
10	0.02557	6687.712288	2457600
12	0.00243	473.1268731	2457600
15	0	0	2457600

QBPSK			
نسبة الإشارة للضجيج (SNR)	معدل خطأ البت (BER)	عدد البتات الخاطئة No. of Error Bit	Total عدد البتات الكلي No .of Bits
0	2.10349	809135.6544	2457600
1	1.77103	681704.8128	2457600
2	1.37462	530131.7376	2457600
5	1.16364	447596.7552	2457600
7	0.93986	362459.5776	2457600
10	0.53067	205809.984	2457600
12	0.22378	86096.2176	2457600
15	0.05754	24046.3296	2457600
16BPSK			
نسبة الإشارة للضجيج (SNR)	معدل خطأ البت (BER)	عدد البتات الخاطئة No. of Error Bit	Total عدد البتات الكلي No .of Bits
0	1.36823	1054004.141	2457600
1	1.30429	1002967.229	2457600
2	1.22118	939280.5792	2457600
5	1.11888	862480.656	2457600
7	1.0038	772324.5024	2457600
10	0.87592	673425.1008	2457600
12	0.73207	564925.7088	2457600
15	0.57862	446250.9024	2457600
64BPSK			
نسبة الإشارة للضجيج (SNR)	معدل خطأ البت (BER)	عدد البتات الخاطئة No. of Error Bit	Total عدد البتات الكلي No .of Bits
0	1.78416	1030944.955	2457600
1	1.699	980975.5644	2457600
2	1.59255	921536.0486	2457600
5	1.47332	852703.0538	2457600
7	1.34983	780782.9003	2457600
10	1.22209	707512.9133	2457600
12	1.10286	637410.9898	2457600
15	0.97937	566776.7976	2457600

ويطباعه هذه النتائج على شكل منحنى تظهر النتائج كما هي مبينة في الشكل (3):



الشكل (3) مقارنة بين معدل خطأ البت ونسبة الإشارة للضجيج من أجل أنظمة تعديل مختلفة

من خلال النتائج نلاحظ أن الرتب الأعلى لنظام التعديل PSK تعطي ثباتية أكبر من حيث معدل الخطأ بالنسبة لنسبة الإشارة للضجيج.

وجميع هذه الأنظمة بوجود تقنية OFDM تقدم حل جيد لتطبيقات الملتيميديا كما هو مبين في الشكل (4) لصورة مرسله وفق النظام OFDM-QPSK:



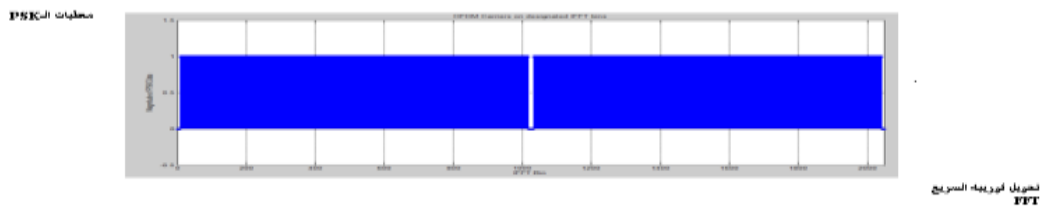


الشكل (4-a) الصورة المرسلّة



الشكل (4-b) الصورة المستقبلة

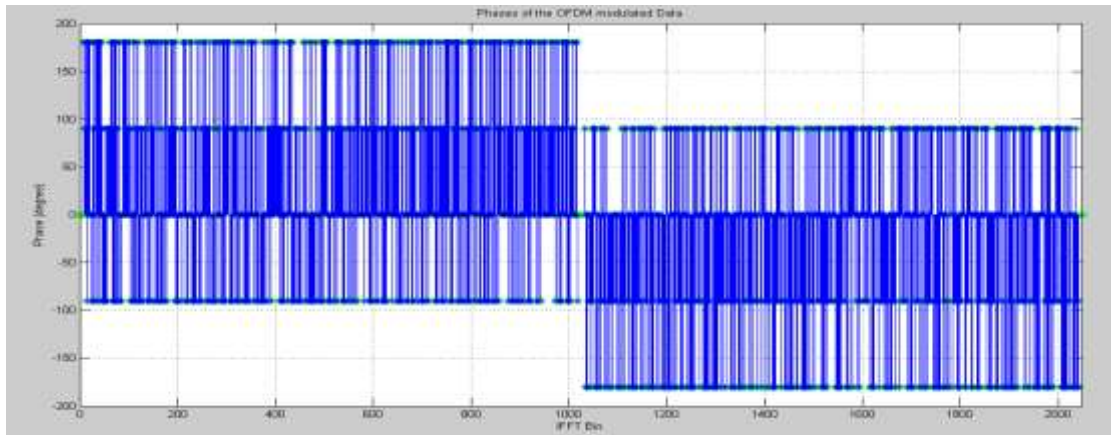
وكمحنّيات وسيطية نبين شكل الإشارة في خرج المعدل PSK من حيث المطال كما في الشكل (5) :



الشكل (5) مطال الإشارة في خرج المعدل

نلاحظ من المنحني أن مطال الإشارة في خرج المعدل كما هو في دخل المعدل ولا يوجد تأثير للضجيج على المطال وتبقى الصورة واضحة 0

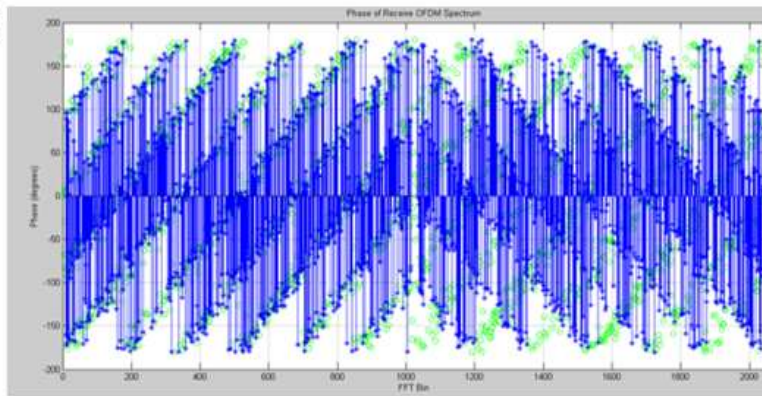
وكمحنيات وسيطية نبين شكل الإشارة في خرج المعدل PSK من حيث الطور كما في الشكل (6) :



الشكل (6) طور الإشارة في خرج المعدل

نلاحظ من هذا المخطط أن طور الإشارة المستقبلية ذو كثافة عالية في المناطق المتوسطة من الإشارة نقل هذه الكثافة في المنطقة العليا والسفلى للصورة 0 وفي طرف الاستقبال سنحصل على المخطط الطيفي لأطوار الإشارات المستقبلية كما هو مبين في الشكل (7) ، بالإضافة إلى مخطط التبعر لهذه الأطوار كما هو مبين في الشكل (8) وفق نظام التعديل المستخدم QPSK.

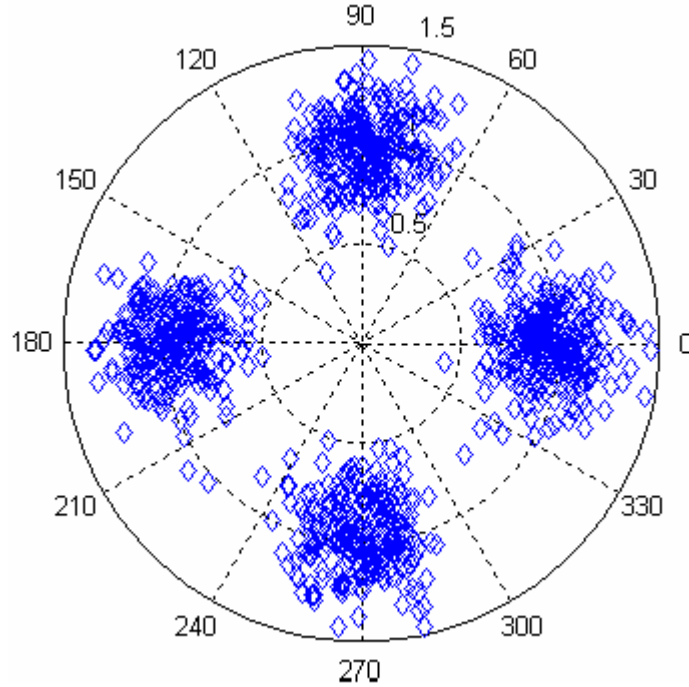
طور الإشارة  
بالمخرجات



تحويل فورييه السريع  
FFT

الشكل (7) محل الطيف لطور الإشارة المستقبلية

نلاحظ من خلال محلل الطيف لطور الإشارة المستقبلية أن الإشارة تكون ذات كثافة عالية في الوسط وتقل عند الأطراف من الأعلى والأسفل مع وجود تداخلات بسيطة تكاد لا ترى مما يشير إلى أن نسبة وجود خطأ البت قليلة ولا تؤثر على جودة استقبال الإشارة .



الشكل (8) مخطط التبعثر للأطوار المستقبلية

من خلال مخطط التبعثر نلاحظ أن تركيز زاوية الطور للبتات المستقبلية ذات كثافة عالية عند الأطوار الأربعة الخاصة بتعديل OFDM وتتواجد نقاط قليلة متداخلة مما يشير بشكل مبدي بغض النظر عن القيم الرقمية أن نسبة خطأ البت ستكون قليلة.

تأثير تعدد المسارات:

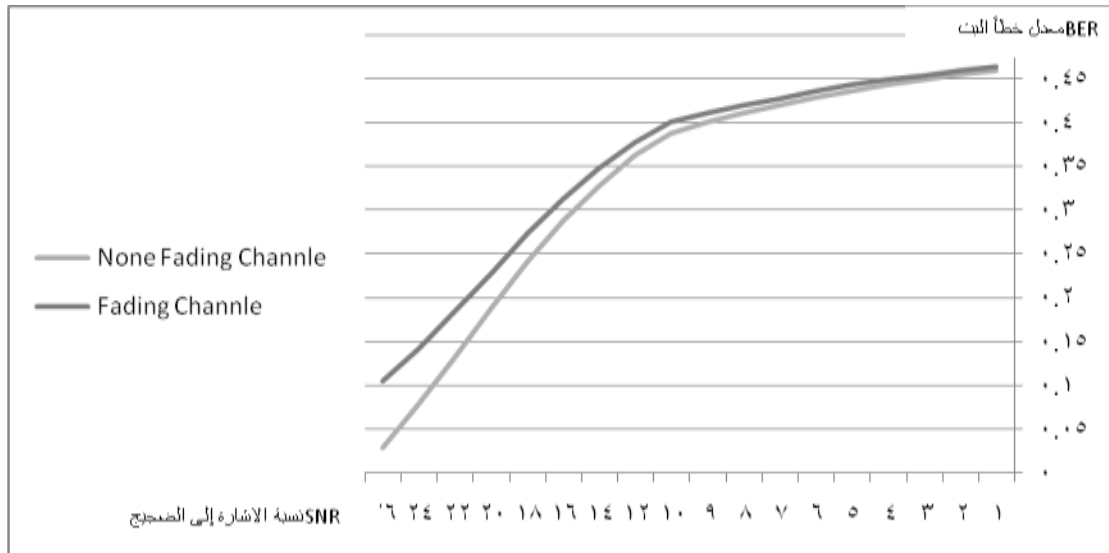
لدراسة تأثير تعدد المسارات سيتم استخدام أحد أنظمة التعديل السابقة وقد اخترنا QPSK وأضفنا لقناة الاتصال تعدد مسارات وكانت النتائج من أجل عدة مستويات للإشارة بالنسبة للضجيج كما هي موضحة في الجدول (2):

الجدول (2) نتائج مقارنة تعدد المسارات ضمن قناة الاتصال مع عدم وجودها

	بدون تعدد مسارات		مع تعدد مسارات		عدد البتات الكلي Total No .of Bits
	معدل خطأ (BER) البت	عدد البتات الخاطئة No. of Error Bit	معدل خطأ (BER) البت	عدد البتات الخاطئة No. of Error Bit	
نسبة الإشارة للضجيج (SNR)					
1	0.46	176870	0.465	178597	384384
2	0.455	174964	0.46	176970	384384

3	0.45	172979	0.455	175043	384384
4	0.444	170652	0.45	172955	384384
5	0.437	168076	0.444	170698	384384
6	0.43	165098	0.437	168150	384384
7	0.421	161955	0.429	165245	384384
8	0.412	158362	0.421	161973	384384
9	0.401	154249	0.412	158462	384384
10	0.389	149681	0.402	154561	384384
12	0.363	139382	0.378	145315	384384
14	0.329	126418	0.349	134034	384384
16	0.289	111072	0.314	120598	384384
18	0.242	92882	0.274	105261	384384
20	0.189	72609	0.229	88283	384384
22	0.133	51267	0.185	70950	384384
24	0.08	30968	0.143	54914	384384
26	0.03	14848	0.106	40914	384384

وبطباعة هذه النتائج على شكل منحنى نحصل على الشكل (9)



الشكل (9) معدل الخطأ في قناتين إحداهما تحوي ضجيج تعدد المسارات

من خلال المنحنى يتضح دور تقنية OFDM في معالجة تعدد المسارات حيث أن معدل الخطأ ازداد بمقدار بسيط مقارنة مع القناة التي لا تحوي هذا الضجيج وهذا يعني أن وجود الضجيج لا يؤثر على جودة إرسال الإشارة وأن معدل الخطأ الذي ظهر منخفض عند استخدام تقنيات تعديل مختلفة .

## الاستنتاجات والتوصيات:

- من خلال هذا البحث يمكن استخلاص مجموعة نتائج تتوزع على الشكل الآتي:
- 1 تقدم تقنية OFDM تخفيض كبير في معدل الخطأ عند استخدامها مع تقنيات التعديل الأخرى.
  - 2 ارتفاع درجة التعديل لنظام PSK تزيد من نسبة الخطأ لكنها تعطي توازن و ثباتية أكبر لهذه النسبة مقارنة مع نسبة الإشارة للضجيج.
  - 3 يحقق نظام OFDM متطلبات نقل الملتيميديا بشكل جيد ويحقق استقبال جيد بمعدل ضجيج منخفض.
  - 4 اختيار النافذة الخاصة بتحويل فورييه وتحويل فورييه العكسي يؤثر بشكل جيد على جودة الاستقبال وكذلك على عدد الحوامل.
  - 5 - يمكن تطوير العمل باختبار النظام من أجل نقل إشارة فيديو واستخدام أنظمة التعديل الأخرى مثل QAM وغيرها من أنظمة التعديل كذلك اختبار النظام من أجل الملفات الصوتية وتحديد جودة الإشارة المستقبلية.

## المراجع:

- [1] Dr. CARO, D. N؛ PETRA, A.G. M؛ STROLLO, A. *380 MHz Direct Digital Synthesizer/Mixer With Hybrid CORDIC Architecture in 0.25  $\mu$ m CMOS. Solid-State Circuits*, IEEE Journal. Issue 1, 2007,p 151-160.
- [2] LUI؛ HUI ؛Li؛ GUOQING. *OFDM-Based Broadband Wireless Networks Design and Optimization*. Wiley, Interscience ,2005,p 110-118.
- [3] TRAN, L.C ؛ MERTINS . A. *Quasi-Orthogonal Space-Time-Frequency Codes in MBOFDM UWB*, 2007,p 175-180.
- [4] ASHOK Kamboj؛ GEETA KAUSHIK, *Study & Simulation of O.F.D.M System*, International Journal of Modern Engineering Research (IJMER) ,Vol.2, Issue.1, Jan-Feb 2012 p-235-241. CHIUEH,
- [5] SATISH SINGH , *Software Implantation of Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) Scheme for Mobile Radio Channel*, Department Of Electrical Engineering National Institute Of Technology,2011,p205-217.
- [6] TZI-DAR؛ Per-YUN TSAI.*OFDM Baseband Receiver Design for Wireless Communications*, 1st ed, Wiley, 2007,p134-144.
- [7] WANG؛ QIANG؛ CHENG؛ TAO؛WEI HUANG. *Efficient Implementation of Synchronization in OFDM System Based on FPGA*. Advanced Communication Technology. Vol. 1. 2007: p178 – 181.
- [8]MICHAL؛ LITWIN. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) Transceiver Design* , Cornell University, 2010,p114-118.
- [9]PAUL GUANMING, L,*OFDM understanding*, Faculty of California Polytechnic StatUniversity,2010,p187-195.
- [10]RAJBIR VIKASH, *Simulink Model of OFDM Using 64-Qam with Different Combination of Channels*, International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN (Online): 2319-7064,2014.