**Sudan University of Science and Technology**
**College of Graduate Studies**

# Performance, Evaluation and Enhancement of Some Orthogonal Frequency Division Multiplexing Techniques

# تقويـــــم أداء بعض تقنيـــــا ت نظام مزج تقسيم التردد المتعامد

**A thesis is submitted for the fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Communications Engineering, Department of Electronic Engineering**

**By:**

**Mohamed Ahmed Mohamedian Mohamed**

**Supervisors:**
**Professor: Izzeldin Mohamed Osman**
**Dr: Iman Abuel Maaly A/Rahman**

**August 2009**

# DEDICATION

**To my family**

**To my Wife**

**To my lovely child's Braa, Riyadh, Maheir and Shrouge………**

**To the soul of my mother**

**My Dedication……**

# ACKNOWLEDGEMENT

I would like to thank my supervisors Professor Izzeldin Mohamed Osman from Sudan University Of science and Technology and Dr. Iman Abuel Maaly A/Rahman from Khartoum University for their supervision, advice and great support.

**ABSTRACT**

This research investigates the evaluation of Coded Frequency Division Multiplexing (COFDM) and Dual OFDM performance under wireless transmission system drawbacks. COFDM and DOFDM simulation model have been designed using Matlab & Simulink.

Different modulation schemes such as BPSK, QPSK, DQPSK, 8PSK and 16PSK were executed using the model. The model was enhance with different channel estimation techniques such as Combi-type pilot channel estimation techniques with singular value decomposition (SVD) and applying a raised cosine filters in the simulation model.

Different types of channel estimation strategies have been studied such as Comb-type pilot channel estimation and Block-Type Pilot Channel Estimation. The model system has been enhanced by applying Convolution Encoder and Viterbi Decoder in the system where a good receiving spectrum power was achieved as illustrated in the power spectrum graphs. The evaluation of performance measurements have been considered by comparing their performance effect under different types of modulation schemes. To be able to compare the different modulation schemes there was a need for a simulator that was realistic enough to provide reliable results. Therefore the coded and Dual OFDM simulator were modeled. The signal was subjected to wireless transmission system drawbacks, such as Multiple Path Rayleigh Fading and Additive White Gaussian Noise (AWGN). Different types of performance measurements have been considered such as $BER, SER, E_b / N_o, E_s / N_o$ & $S / N$. These performance measurements have been evaluated and compared with different modulation schemes with and without filtering as illustrated in the graphs. Reed Solomon (RS) Encoder and Decoder were installed in the system. The coding blocks were set with the desirable values of parameters. To fulfill a high signal quality the sample time was set to be 8e-5

seconds. The dual model (Double error correction, forwarded and afterward) achieved a betters received signal quality when compared with other ones.

When applying the capacity rate equations in different modulation scheme with different number of channel bit, different channel capacity were achieved. When using BPSK& QPSK we get Mbps of 8.467, energy to noise ratio of 9dB, Bit Error Rate (BER) of 1e-6.5 and Symbol Error Rate (SER) of 0.499%, 0.751% respectively. When using DBPSK& DQPSK, we get Mbps of 16.934. And we get BER of 1e-3.6, 1e-3 respectively. And we get energy to noise ration of 9 dB, 14dB respectively. Also we get SER of 0.508%, 0.994% respectively. When using 8PSK& 16PSK we get Mbps of 33.868. And BER of 1e-7.25, 1e-5.5 respectively and we get energy to noise ration of 15dB, 18 dB respectively. And we get SER of 0.998% for both of them. Therefore and with reference to the result obtained from calculations and graphs, 8 PSK and 16 PSK achieved a high data rate in high signal to noise ratio but with high bit error rate (BER) and high symbol error rate (SER). BPSK and QPSK achieved a lower data rate in low signal to noise ratio and with low bit error rate and low symbol error rate. DBPSK and DQPSK achieved a higher data rate with high signal to noise ratio, but in low bit error rate and acceptable SER.

The simulation indicated that DQPSK yields the best performance therefore we introduced it as the most capable modulation scheme for enhancing OFDM.

# مستخلص


ان هذا البحث حقق وقيم الأداء لنظام مقسم التردد المتعامد و المتعدد الارسال المشفر (COFDM) والثنائى (DOFDM). تم تصميم نموزج نظام(COFDM) و الثنائى(DOFDM) بواسطة برنامج Matlab & Simulink.

وقد تم التحقيق فى قابلية النظام كمخطط تعديل مثالى( Modulation Scheme). وقد تم انجاز ذلك بتطبيق مخططات تعديل مختلفة مثل 16PSK, 8PSK,DQPSK,DBPSK,QPSK,BPSK.فى المجسم.

للمقارنة بين مخططات التعديل المختلفة كانت هناك الحاجة لتصميم نظام محاكاة( Simulator) بحيث يستطيع ان يزودنا بنتائج موثوق بها. لذا تم تصميم نموزج مقسم التردد المتعامد و المتعدد الارسال المشفر (COFDM) و الثنائى (DOFDM) بواسطة برنامج Matlab& Simulink . ولتحسين كفاءة النظام فقد تم اخضاعه الى مسارات تقييم مختلفة. لقد اخضعت الاشارة لمساوى التوصيل اللاسلكى كما هو الحال فى ظاهرة(ريلى) فى اضمحلال الاشارة ذات المسار المتعدد وظاهرة ضوضاء(جوسيان) البيضاء المضافة. اذن فان قياسات الاداء مثل معدل الخطاء فى وحدة معدل قياس خطاء البيانات اللاسلكى و المعروف ب( BER) ومعدل الخطاء الرمزى و المعروف ب( SER) ومعدل الاشارة بالنسبة للضوضاء و المعروف ب( S/N) ومعدل الطاقة بالنسبة للضوضاء والمعروف ب( E/N) وقوة الارسال والاستقبال. كل هذه تتأ ثر مجملا بالمعوقات أنفة الذكر.ولرفع كفاءة النظام فقد تم وضع جهاز ترشيح ذو قيم مناسبة علاوة على ذلك تم وضع جهاز(ريد سولومون) للتشفير وفك التشفير داخل النظام. كما تم ايضا وضع مخططات التشفير بمواصفات ذات قيم محددة. لقد تم فحص نمازج تعديل مختلفة بمرشح ومن غيره. بالاضافة الى ذلك فقد تم وضع كل مواصفات النموزج بحيث يحقق أداء اشارة ارسال جيدة . و لتحقيق اشارة ذات نوعية ممتازة فقد ضبط زمن النموزج ليكون( 8e-5) ثانية .

ان النموزج المزدوج(تصحيح الخطاء قبل وبعد الارسال) يحقق نوعية اشارة مستلمة ذات نوعية جيدة مقارنة بالاخريات . وقد تم التحقيق من ذلك عند اخضاع النظام الى حاسب الأخطاء ومن ثم اخضعت الاشارة الى عوائق نظام الارسال اللاسلكى ونظام تعدد المسارات . لمعالجة هذه العوائق تم تصميم مرشح جيب التمام .

.بالاشارة للمعادلات المستنبطة والتى تم تطبيقها فى مخططات التعديل المختلفة, عليه تم الحصول على معدل بيانات مختلفة . تم الحصول على سعه 8.467 Mbps عند معدل خطاء رمزى 0.751%, 0.499% فى حالة BPSK QPSK& على التوالى وتم الحصول على 16.943Mbps عند معدل خطاء رمزى 0.994% , 0.508% فى حالة استخدام DBPSK& DQPSK على التوالى. وقد تم الحصول على معدل بيانات 33.868Mbps عند معدل خطاء رمزى 0.998%, عند اشتخدام .16PSK& 8PSK

وبنا عليه وعند الرجوع للإشكال الناتجة من مخطط المحاكاة و المعادلات أعلاه , وجد أن نظام BPSK& QPSK يحقق معدل سعة بيانات منخفضة و معدل خطا بيانات منخفضة و لذلك فانه غير مناسب لسعة البيانات العريضة.

ووجد أن نظام 8PSK & 16 PSK يحقق سعة بيانات عالية مع معدل خطا بيانات عالي .

ووجد أيضا أن نظام DQPSK يحقق معدل سعة بيانات عالية مع معدل خطا بيانات منخفض .

اشار نموزج المحاكاة الى ان هذا المخطط التعديلى انتج افضل أداء لذا قدم كمخطط تعديل مثالى لتحسين النظام. انجز هذا بتطبيق المتغيرات فى بعض المعادلات المستنبطة و ايضا من مجسم المحاكاة الذى مكننا من الحصول على اشارة جيدة الأداء و النوعية.

**TABLE OF CONTENTS**

**List of Table**

**List of Figures**

**Figure Name** **Page No.**

**List of Acronyms**

| | |
|---|---|
| AWGN | Additive White Gaussian Noise |
| BER | Bit Error Rate |
| BPSK | Binary Phase Shift Keying |
| QPSK | Quadrature Phase Shift Keying |
| DBPSK | Differential Phase Shift Keying |
| DQPSK | Differential Quadrature Phase Shift Keying |
| CIR | Channel Impulse Response |
| DAB | Digital Audio Broadcasting |
| DFE | Decision Feedback Equalizer |
| FFT | Fast Fourier Transform |
| ICI | Inter-carrier Interference |
| IDFT | Inverse Discrete Fourier Transform |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| IFFT | Inverse Fast Fourier Transform |
| ISI | Inter-symbol Interference |
| LAN | Local Area Network |
| MMSE | Minimum Mean-square Error |
| OFDM | Orthogonal Frequency Division Multiplexing |
| PAPR | Peak-to-average Power Ratio |
| PSK | Phase Shift Keying |
| QAM | Quadrature Amplitude Modulation |
| SNR | Signal-to-noise Ratio |
| TDMA | Time Division Multiple Access |
| WLAN | Wireless Local Area Network |