

Evaluating Energy-Efficient in LTE Uplink: A Study on Low PAPR Solutions

Abdoelhmeed Ahmed Mohamed Ahmed

**Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of
Master of Communications and Networks Engineering**

**Supervised By
Prof. Adel Gaafar Abdelraheem**

**Faculty of Post Graduate Studies Red Sea University, Sudan AUG
202**

Abstract

Mobile communication technology evolved rapidly over the last few years. There has been statistical increase in the use of mobile devices for browsing the internet (web trending applications and websites, for examples, Facebook, WhatsApp and Twitter), video streaming, Voice-over Internet Protocol (VoIP) applications for internet calls and a number of new applications that has greater demands for high data traffic.

This research presents a detailed study of the 3GPP LTE networks by focusing on the Physical layer. Multicarrier technique orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) modulation is a solution to provide high-speed and secured data transmission requirement in 4G technologies. Peak-to-average power ratio (PAPR) is one major drawback in OFDM system, so it is important to reduce PAPR, reducing it helps conserve mobile phone battery power.

The aim of this research to select the best technology used at Uplink that gives low PAPR. In the simulation a comparison was taken to calculate the peak- to- average power ratio (PAPR) for both SC-FDMA and OFDMA systems. The simulation results show that the overall value of PAPR in SC-FDMA is still less than that of OFDMA in all modulation schemes, and that is why it has been adopted for uplink transmission in LTE system.

تطورت تكنولوجيا الاتصالات المتنقلة بسرعة خلال السنوات القليلة الماضية. حسب الإحصائيات فقد حصلت زيادة في استخدام الأجهزة المحمولة لتصفح الإنترنت (تطبيقات الويب ومواقع الويب) ، على سبيل المثال (Facebook و WhatsApp و Twitter) ، وتطبيقات بروتوكول الصوت عبر الإنترنت (VoIP) للمكالمات عبر الإنترنت وتدفق الفيديو، وعدد من التطبيقات الجديدة التي لديها متطلبات وحاجة اكبر لكمية عالية من البيانات.

يقدم هذا البحث دراسة تفصيلية لشبكات الجيل الرابع من خلال التركيز على الطبقة المادية. يعد تعديل الإرسال المتعدد بتقسيم التردد المتعامد (OFDM) بتقنية الموجات المتعددة حلاً لتوفير متطلبات نقل البيانات عالية السرعة والأمن في تقنيات الجيل الرابع. يعد معدل الذروة إلى متوسط الطاقة (PAPR) أحد العوائق الرئيسية في نظام OFDM ، لذا من المهم تقليل معدله ، حيث يساعد تقليلها في الحفاظ على طاقة بطارية الهاتف المحمول.

الهدف من هذا البحث هو اختيار أفضل تقنية مستخدمة في الوصلة الصاعدة (Uplink) والتي تعطي قيمك منخفضة لمعدل الذروة إلى متوسط الطاقة (PAPR). في برنامج المحاكاة تم إجراء مقارنة لحساب نسبة معدل الذروة إلى متوسط الطاقة (PAPR) لكل من أنظمة SC-FDMA و OFDMA. تظهر نتائج المحاكاة أن القيمة الإجمالية لمعدل الذروة إلى متوسط الطاقة (PAPR) في (SC-FDMA) لا تزال أقل من قيمة (OFDMA) في جميع النتائج ، ولهذا السبب تم اعتمادها لإرسال الوصلة الصاعدة في نظام LTE.

Table Of Contents

Table of contents

الاية	i
Dedication	ii
Acknowledgement	iii
Abstract (English)	iv
Abstract (Arabic)	v
List of Contents	vi
List of Tables	ix
List of Figures	x
List of Abbreviations	xii
Chapter One: Introduction	
1.1 Introduction	1
1.2 Problem statement	2
1.3 Research Objectives	2
1.4 Chapter outline	2
Chapter Two: LTE Review	
2.1 Introduction	3
2.2 LTE Network Architecture	6
2.2.1 User Equipment	6
2.2.2 Evolved Node-B (eNB)	7
2.2.3 Evolved Packet Core (EPC)	8
2.2.3.1 Mobility Management Entity (MME)	9
2.2.3.2 Home Subscriber Server (HSS)	10
2.2.3.3 Serving Gateway (S-GW)	11
2.2.3.4 PDN Gateway (PDN-GW)	11

2.3	LTE Physical layer	12
2.3.1	Downlink physical channel	12
2.3.2	Uplink physical channel	14
2.4	Multiple-input multiple-output (MIMO)	14
2.4.1	MIMO in LTE	15
2.4.2	LTE MIMO basics	16
2.5	LTE Challenges	17
2.6	LTE Applications	18
2.7	Related Works	18
2.8	Summary	20
Chapter Three: OFDMA and SC-FDMA Review		
3.1	Introduction	21
3.2	Orthogonal frequency division multiplexing access (OFDMA)	22
3.2.1	OFDMA Basics	22
3.2.2	OFDMA Transmitter and Receiver	24
3.2.3	OFDMA advantages	25
3.2.3	OFDMA disadvantages	25
3.3	Single-carrier frequency division multiple access (SC-FDMA)	26
3.3.1	SC-FDMA Basics	26
3.3.2	SC-FDMA Transmitter and Receiver	27
3.4	Frequency mapping schemes	29
3.4.1	Localized Scheme	30
3.4.2	Distributed Scheme	30
3.5	Modulation Schemes of LTE	31
3.6	Peak-to-Average Power Ratio	32
3.7	Summary	33

Chapter Four : Simulation Model And Results

4.1	Introduction	34
4.2	Simulation model	35
4.3	PAPR	35
4.4	Simulation Parameters	36
4.5	Simulation results and discussion	37
4.5.1	Scenario 1 : Calculate PAPR using IFDMA	37
4.5.2	Scenario 2 : Calculate PAPR using LFDMA	40
4.5.3	Scenario 3 : Calculate PAPR using DFDMA	42
4.6	Summary	45

Chapter Five : Conclusion And Recommendations

5.1	Conclusion	46
5.2	Recommendations	46
	References	47
	Appendix	49

5.1 Conclusion

The adaptation of SC-FDMA in the uplink provides a significant advantage to LTE by addressing the PAPR issue inherent in OFDMA, thanks to its single-carrier nature. The simulations indicate that the PAPR values in SC-FDMA are consistently lower than those in OFDMA across all modulation schemes, justifying its adoption for uplink transmission in LTE systems. The results suggest that employing lower-order modulation schemes, such as QPSK and 16PSK, for uplink transmission can further reduce PAPR at the user end. In summary, SC-FDMA demonstrates superior power efficiency. Among the subcarrier mapping schemes, IFDMA exhibits the lowest PAPR compared to

LFDMA and DFDMA. It is evident that OFDMA results in higher PAPR values due to the use of multiple subcarriers.

5.2 Recommendation

Future research should focus on developing an energy model by incorporating Cell-DTX capability in 4G wireless networks. This approach is expected to enhance the energy efficiency of wireless devices and extend the battery life of devices equipped with batteries.

