

**University of Mosul**  
**College of Engineering**



**Improved Multiple Antenna Configuration  
for Handset in LTE 4G MIMO Systems**

**Ahmed A. Naser**

**Ph.D. Thesis**

**Electrical Engineering / Communication Engineering**

**Supervised by**

**Prof. Dr.**  
**Khalil H. Sayidmarie**

**Prof. Dr.**  
**Jabir S. Aziz**

**2016 A.D.**

**1437 A.H.**

## ABSTRACT

Most of the modern communication systems, like LTE, employ multiple antennas, where the portable handset devices suffer from the small available space compared to the physical size of antennas. Deploying antennas closely leads to mutual coupling problems. The main goal of this thesis is to design antennas that can be operated at LTE bands in MIMO configuration. Three proposed antennas were analyzed using CST Microwave Studio Suite. Parametric studies for the parameters of the proposed antennas were used to estimate the effective range of each parameter before the optimization process.

The first antenna is an interlaced E-shaped antenna that works at LTE700 band. The antenna was developed by merging two oppositely-oriented E-shaped antennas. The arms of both E-shaped antennas are folded to reduce the size of the antenna. The antenna achieved a bandwidth was (50) MHz centered at (767) MHz and has compact size of (60x15x0.8) mm<sup>3</sup> (0.154x0.038x0.002 wavelengths at center frequency). The antenna was analyzed as a single element and in two and four MIMO configurations.

The second proposed antenna is of PIFA type printed directly on the substrate to reduce its volume. The proposed antenna achieved a bandwidth of (0.67) GHz centered at (2) GHz, that can serve many LTE bands such as (1, 2, 3, 4, 9, 10 and 25). The antenna has a compact size of (60x30x1.6) mm<sup>3</sup>. Two and four MIMO configurations of the proposed PIFA antenna were also investigated. Mutual coupling was reduced by using a slot and an arm of arc-shape in the ground plane of each antenna. Using these techniques showed a good reduction in the coupling between antennas across the served LTE bands. The obtained coupling was less than (-20) dB in the case of 2-antennas and (-14) dB in the case of 4-antennas.

The third proposed antenna is a combination of a PIFA and a meandered-line antenna that also works at LTE band class 13 (746-787) MHz. The PIFA antenna was also printed directly on the substrate and the physical length of the radiating part of the PIFA antenna was meandered to meet the size requirement at the long wavelength of the LTE class 13 band. The particle swarm optimization (PSO) algorithm was used in the process of bandwidth enhancement. A -6dB bandwidth of (58) MHz centered at (765) MHz was obtained. The antenna has a compact size of (65x110x1.6) mm<sup>3</sup> i.e. (0.165x0.28x0.004 wavelengths at the center frequency of the lower band).

Two meandered-line PIFA antennas were designed to work in a MIMO configuration. They were analyzed to reduce the mutual coupling between the closely-spaced antennas. Three techniques (slots, neutralization-line and a fork-shaped line in the ground plane) were used to perform this task. A combination of both Nelder-Mead and PSO optimization techniques were used to get the final parameters values of the (antenna, slots, neutralization-line and the fork-shape). The obtained -6 dB bandwidth was (52) MHz with coupling of about (-12.5) dB

The designed interlaced E-shaped antennas were fabricated at Jaavin Electronic Solution Company / Malaysia and tested at the Ministry of Science and Technology / Baghdad. The designed PIFA antennas and the meandered line PIFA antennas were fabricated and tested at the Industrial Research and Development Administration at the Ministry of Science and Technology / Baghdad by using a vector network analyzer of model (Anritsu MS4642A). The experimental tests performed on the fabricated prototypes of the three proposed antennas showed good agreements between the simulated and the measured results.

## الملخص

تعتمد معظم أنظمة الاتصالات الحديثة مثل (LTE) في بنيتها الأساسية على مبدأ تعدد الهوائيات وتكمن المشكلة الرئيسية التي تواجه الباحثين في صغر المساحة المتوفرة داخل جهاز الهاتف المحمول مقارنة بحجم الهوائي الكبير نسبياً. يؤدي وضع الهوائيات بشكل متقارب إلى مشكلات تنشأ عن ارتفاع قيمة الاقتران المتبادل. الهدف الأساسي من هذه الأطروحة هو اقتراح هوائيات بإمكانها أن تعمل ضمن الحزم الترددية المخصصة لنظام (LTE) وضمن تشكيلات (MIMO) وتتمتع بمواصفات منافسة لما هو متوفر. تم تصميم وتحليل ثلاثة أنواع من الهوائيات المقترحة باستخدام برنامج المحاكاة (CST)، كما تم تصنيع نماذج ابتدائية للهوائيات المقترحة ومن ثم فحصها للتأكد من صلاحية التصميم.

الهوائي المقترح الأول هو الهوائي المتشابك ذو شكل الحرف (E) يعمل ضمن الحزمة الترددية (LTE700). طور هذا الهوائي بواسطة دمج وتداخل هوائيين بذات الشكل (E) أحدهما بعكس اتجاه الآخر. ثم بعد ذلك تم تعديل التصميم بواسطة حني أذرع الهوائيين ذات الشكل (E) وذلك لغرض تخفيض المساحة وتحسين الأداء. تم تصنيع الهوائي المقترح ومن ثم فحصه وبعد ذلك تم تصميم وتصنيع عدد من تشكيلات (MIMO) ثنائية ورباعية من نفس الهوائي المقترح. أظهرت نتائج الفحص وجود تقارب جيد مع نتائج المحاكاة.

كان الهوائي المقترح الثاني من نوع (PIFA) ولكن تم طبعه مباشرة على لوح التصنيع وذلك لغرض تقليص الحجم الذي سيشغله الهوائي داخل الأجهزة المحمولة. أجريت دراسة شاملة لأبعاد أجزاء الهوائي لغرض تحديد قيمها التي تعطي أفضل أداء. صمم الهوائي المقترح ليعمل ضمن عدة حزم ترددية خاصة بتقنية (LTE) مثل (1، 2، 3، 4، 9، 10 و 12) ثم بعد ذلك تم تصنيع وفحص هذا الهوائي وأظهرت نتائج الفحص تقارباً جيداً مع نتائج المحاكاة.

تم تصميم عدة تشكيلات (MIMO) باستخدام اثنين وأربعة من الهوائي المقترح. أخذ التصميم بنظر الاعتبار أسلوبين لتقليل الاقتران المتبادل بين الهوائيات هما: استخدام فتحة في أرضية الهوائيات، وإضافة ذراع على شكل قوس متصلة بأرضي كل هوائي. باستخدام هذين الأسلوبين تم الحصول على تخفيض جيد لاقتران الهوائيات وعلى مدى حزمة التردد الخاصة ب (LTE). تم فحص وتصنيع نماذج أولية للهوائيات المصممة وأظهرت النتائج العملية توافقاً جيداً مع نتائج المحاكاة.

في تصميم الهوائي الثالث المقترح تم دمج هوائي من نوع (PIFA) مع تقنية الخط المتعرج (meandered-line) ليعمل الهوائي المقترح ضمن الحزمة الترددية (LTE700). وقد تمت طباعة الهوائي (PIFA) مباشرة على لوح التصنيع لتخفيض الارتفاع فيما وفرت تقنية الخط المتعرج زيادة في الطول الفيزيائي ضمن المساحة المحدودة المتوفرة عند هذا التردد المنخفض نسبياً. أجريت دراسة للحصول على أمثلية تصميم باستخدام خوارزمية (PSO) لأبعاد أجزاء الهوائي المقترح بغية تطوير عمل الهوائي. كذلك تم تصنيع وفحص الهوائي المقترح وأظهرت نتائج الفحص توافقاً جيداً مع النتائج المستحصلة باستخدام المحاكاة.

تم تصميم تشكيلة (MIMO) ذات هوائيين من نوع الخط المتعرج (PIFA). لحل ازدياد الاقتران الناتج عن التقارب الشديد بين الهوائيين، فقد استخدمت ثلاثة تقنيات هي (الفتحات، خط التحييد وكذلك خط بشكل الشوكة متصل بالأرضي). تم استخدام برنامجي أمثلية وهما (PSO و Nelder-Mead) سوية لغرض إيجاد القيم المثلى لأجزاء كل من الهوائيين والأجزاء المضافة لتخفيض الاقتران. بينت نتائج الفحوصات تقارباً جيداً بين نتائج المحاكاة ونتائج القياس العملية.

تم تصنيع الهوائيات من النوع المتشابهك ذي شكل الحرف (E) في شركة (Jaavin) للحلول الالكترونية في مملكة ماليزيا وتم فحصها في مركز التصنيع الإلكتروني احد مراكز دائرة البحث والتطوير الصناعي التابعة لوزارة العلوم والتكنولوجيا في بغداد، أما بخصوص الهوائيات من النوع (PIFA) وكذلك من النوع الخط المتعرج (PIFA) فتم تصنيعها وفحصها في نفس المركز التابع لوزارة العلوم والتكنولوجيا.



جامعة الموصل

كلية الهندسة

تطوير منظومة هوائي متعدد لأغراض جهاز الهاتف في أنظمة

**LTE 4G MIMO**

احمد عبد الغايب ناصر عبد الله

أطروحة دكتوراه

الهندسة الكهربائية / هندسة الاتصالات

بإشراف

الاستاذ الدكتور  
جابر سلمان عزيز

الاستاذ الدكتور  
خليل حسن سيد مرعي

2016م

1437هـ