

University of Mosul
College of Engineering



**Analysis, Modeling and Design of Multiband
Antennas for Communication Systems**

Likaa S.Yahya

Ph.D.Thesis

Electrical Engineering/Communication Engineering

Supervised by

Prof.Dr.Khalil H.Sayidmarie

2016 A.D.

1437 A.H.

ABSTRACT

Mobile communication devices require small size antennas with broadband operation for compatibility with different standards operating in many frequency bands. This thesis focuses on analysis, modeling and design of multiband and UWB antennas for wireless communication applications. The research starts with studying multiband and UWB antennas then tries to design and model few proposed antennas by equivalent circuit models. The aim is to relate antenna physical features to the antenna characteristics and to the equivalent circuit elements so that better insight is obtained.

A dual-band crescent-shaped planar monopole antenna is proposed for wireless local area network (WLAN) applications. The crescent antenna is developed from an arc patch antenna. By adjusting the feed line position along the arc, two distinct bands meeting the WLAN standards can be obtained. The proposed antenna meets the IEEE 802.11 a/b/g (2.4-2.48 GHz, 5.15-5.35 GHz, and 5.725-5.825 GHz) standards.

In many applications, there is a need to use two closely-spaced antennas, but the close proximity leads to mutual coupling problem. A double planar monopole antennas for WLAN and WiMAX application is proposed to solve this problem. Each of the two antennas is evolved from a crescent-shaped monopole, and the lengths of the two arcs are designed to resonate at 2.45GHz, and 3.5GHz to comply with the above standards. The thesis presents a new technique to reduce the mutual coupling between the two closely-spaced antennas. Two U-slots, in an interlaced configuration, are etched in each of the feed lines of the two antennas. In each antenna, the slot is

tuned to resonate at the operating frequency of the other antenna so that the other frequency is chocked out.

With the fast increase of modern wireless communications, UWB antennas with band-notched characteristic become necessary to reject unwanted frequencies. A compact crescent-shaped monopole antenna with dual notched-bands at 3.5 and 5.5 GHz is proposed for UWB applications. A slotted arc slot is etched on the radiating patch to create the desired notched band at 5.5GHz while a T-shaped stub is added to the feed line to create the second notched band at 3.5GHz. The influence of few design parameters has been demonstrated.

Modeling of the proposed antennas is investigated using two methods. In the first method, the input impedance is represented by the first Foster canonical form. The parameters of the equivalent circuit at resonance are extracted from either the input impedance or the reflection coefficient results of the simulated antenna. In the second method, the input admittance of the proposed antenna is modeled as a SPICE-compatible equivalent circuit using the vector fitting technique. The input impedance and reflection coefficient of the investigated antennas were obtained using CST Microwave Studio and then used to extract values of the lumped elements of the equivalent circuit. Performances of the investigated methods are compared. Validities of the modeling methods are verified using MATLAB and ADS. Seven of the designed antennas were fabricated and examined experimentally using vector network analyzer to validate the designs.

الملخص

تتطلب أجهزة الاتصالات النقالة هوائيات صغيرة الحجم واسعة المدى الترددي لتلائم معايير العمل العالمية والتي تعمل أساسا ضمن حزم ترددية مختلفة. تركز الأطروحة على دراسة، تصميم و نمذجة عدة هوائيات تعمل عند حزم ترددية متعددة وأخرى تعمل ضمن الحزمة فائقة العرض (UWB) والمستخدمه في الاتصالات اللاسلكية. حيث دعمت الدراسة بتصميم نماذج لهوائيات تعمل ضمن هذه الحزم وتنفيذها عمليا وتمحيص أدائها. الهدف من ذلك هو محاولة لربط أبعاد الهوائي مع مواصفاته وكذلك مع عناصر الدائرة المكافئة لكل هوائي لإيجاد علاقة بين المميزات الفيزيائية للهوائي ومواصفاته وعوامل الدائرة المكافئة له.

تم تصميم هوائي مستوي أحادي القطب ثنائي الحزمة هلالى الشكل ليلائم العمل ضمن الشبكات المحلية اللاسلكية (WLAN). تم استنباط الشكل الهلالى من هوائي بهيئة قوس حيث تم الحصول على حزمتين ثلاثمان العمل ضمن الشبكات المحلية اللاسلكية عن طريق تغيير موقع خط التغذية على جهتي القوس. يعمل الهوائي المقترح ضمن مديات التردد المعروفة بـ IEEE 802.11 a/b والتي تشمل الترددات (2.4-2.48 GHz, 5.15-5.35 GHz, 5.725-5.825 GHz).

تتطلب منظومات عديدة استخدام هوائيين متقاربين من بعضهما حيث يؤدي التقارب بينهما الى ظهور مشكلة التقارن المتبادل (mutual coupling). تم تصميم هوائيين منفصلين للعمل ضمن حزمة الشبكات المحلية اللاسلكية (WLAN) وحزمة التوافقية العالمية عبر الأمواج المايكروية (WIMAX) حيث صمم كل هوائي ليكون هلالى الشكل، بحيث يعمل احدهما في التردد 2.45GHz والآخر عند التردد 3.5GHz. تم اقتراح طريقة جديدة لتقليل التقارن المتبادل عن طريق إضافة شق بشكل حرف U في خط تغذية كل من الهوائيين. تم ضبط طول الشق بحيث يعمل عند التردد الرنيني للهوائي الآخر وبهذه الطريقة يتم إلغاء تأثير التردد غير المرغوب فيه من استجابة الهوائي.

مع التطور السريع في أنظمة الاتصالات الحديثة وتعددتها، ظهرت الحاجة لإلغاء تأثير بعض الترددات منعا لتداخلها. تم تصميم هوائي أحادي القطب ذو شكل هلالى للعمل ضمن الحزمة الترددية فائقة العرض، وفي نفس الوقت يوفر إلغاء حزمتين عند التردد 3.5GHz ، 5.5GHz. تم إلغاء الحزمة عند التردد 5.5GHz باستحداث شق على هيئة قوس في

الهوائي في حين تم إلغاء الحزمة عند التردد 3.5GHz بإضافة أبتنر (stub) الى خط التغذية كما تم دراسة العوامل المؤثرة على التصميم .

تم نمذجة الهوائيات المقترحة باستخدام طريقتين: اعتمدت الطريقة الأولى على مبدأ (Foster canonical form) حيث تم استخلاص عوامل الدائرة المكافئة عند الترددات الرنينية إما من استجابة ممانعة الإدخال او من استجابة معامل الانعكاس للهوائي بالاعتماد على نتائج المحاكاة. أما في الطريقة الثانية فقد تم إيجاد الدائرة المكافئة باستخدام تقنية تطابق المتجهات (vector fitting technique) حيث جرى تنفيذها على مقلوب ممانعة الإدخال للهوائي المأخوذة من نتائج المحاكاة ومن ثم تمت الاستفادة من الجذور المستخلصة بهذه الطريقة لإيجاد قيم الدائرة المكافئة باستخدام (spice compatible equivalent circuit). تمت دراسة ومقارنة الطرق المستخدمة في النمذجة كما تم التحقق من صحة الدوائر المكافئة للهوائيات المقترحة باستخدام برنامجي الـ (MATLAB) والـ (ADS). تمت محاكاة جميع الهوائيات المصممة باستخدام برنامج الـ (CST Microwave StudioTM). تم تصنيع سبعة نماذج من هذه الهوائيات واختبارها عمليا باستخدام محلل الشبكة ألتجاهي (Vector Network Analyzer).



جامعة الموصل

كلية الهندسة

تحليل، نمذجة وتصميم هوائيات متعددة الحزم لانظمة
الاتصالات

لقاء سالم يحيى

أطروحة دكتوراه

الهندسة الكهربائية/ هندسة الاتصالات

باشرف

الاستاذ الدكتور

خليل حسن سيد مرعي

٢٠١٦م

١٤٣٧هـ