



Physical Layer Security Improvement in Cognitive Radio Networks

A Thesis Submitted by
Mukrram Saleh Ali Al-Jmali

**To The Deanship of Postgraduate Studies and Scientific
Research, University of Science and Technology, in Partial
Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master in
Electronics Engineering (Communications)**

Supervised by

Dr. Azzam Y. Al-Nahari

**Dept. of Electrical Engineering
Faculty of Engineering
and Architecture
Ibb University**

Dr. Mohammed Al-Shadadi

**Electronics and Comm. Eng. Dept.
Faculty of Engineering
University of Science
and Technology**

Sana'a

November, 2015

Abstract

Wireless communication created a revolution in our lives. The exponential increase in wireless devices and their usage led to the problem of growing spectrum scarcity. Cognitive radio (CR) technology provided a promising solution for the spectrum scarcity issues in wireless networks by allowing an unlicensed user called a secondary user (SU) to access the radio spectrum when it was not occupied by a licensed user called primary user (PU) without interfering with the primary user. To ensure that the PU was not kept interfering from SU, the underlay paradigm was used. On the other hand, security issues took of an increasingly important role for future 5G systems, and CR was no exception. Due to the open and dynamic nature of cognitive radio networks (CRNs), physical layer security paradigm was presented to secure wireless communication systems, but a limited attention was paid to securing CRNs in the physical layer. The main objective of this thesis is to analyze and improve the physical layer security in the CRNs considering both passive and active eavesdroppers. Two main approaches were proposed to achieve this goal.

First, new relay selection schemes are proposed to improve the physical layer security in the CRNs. A trusted decode-and-forward (DF) relay is selected to help the SU transmission and improve the secrecy rate in the presence of multi eavesdroppers and multi-PU. The secrecy rate of the SU is characterized under both its own transmit power constraint as well as a set of interference power constrained each imposed at one PU, in order to preserve its quality of service (QoS) constraints.

Second, the problem of passive eavesdropper is considered where the channel state information (CSI) is unknown at the transmitter side. To secure communication over MISO CRNs in the presence of passive eavesdropper, three different beamforming schemes are proposed; namely, scaled beamforming (SB), projected beamforming (PB), and cognitive beamforming (CB). The performance of the proposed schemes is analyzed in terms of the achievable secrecy rate and the intercept probability and is simulated using MATLAB. The performance analysis and simulation results reveal that the proposed schemes improve secrecy rate greatly and provide a very low intercept probability.

الملخص

لقد أوجدت الاتصالات اللاسلكية ثورة في حياتنا اليومية، ومع الزيادة المطردة لأجهزة اللاسلكي واستخداماتها فقد أدى ذلك الى حدوث وتنامي مشكلة الندرة في طيف موجات الراديو للشبكات اللاسلكية. إن تقنية الراديو الإدراكي (Cognitive radio) من التقنيات الواعدة التي تعمل على حل هذه المشكلة حيث يمكن لمستخدم غير مرخص يدعى المستخدم الثانوي (Secondary user) من الوصول الى طيف الراديو لمستخدم آخر مرخص يدعى المستخدم الأساسي (Primary user) ومن دون أن يؤثر ذلك أو يتداخل مع المستخدم الاساسي، ولضمان ذلك فقد تم استخدام نموذج Underlay في هذه الدراسة.

إن من القضايا الأساسية في شبكات الجيل الخامس ومنها شبكات الراديو الادراكية (CRNs) والتي بدأت تأخذ حالياً اهتماماً متزايداً هي تأمين الاتصال بين المستخدمين في هذه الشبكات. في بيئة معقدة مثل هذه، ونتيجة لطبيعة الاتصال اللاسلكي المفتوح، والطبيعة الديناميكية لشبكات الراديو الإدراكية فالتشهير في الطبقات العليا من الصعوبة بمكان حيث يكون عرضةً للتهديدات، وكذلك التكلفة الزائدة، بدلاً من ذلك فإنه يتم استخدام أمان الطبقة الفيزيائية من أجل إنشاء اتصال آمن وموثوق في الأنظمة اللاسلكية.

فالهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تحليل وتطوير أمان الطبقة الفيزيائية في شبكات الراديو الإدراكية، ولتحقيق ذلك تم اقتراح طريقتين وهما: الاختيار الأمثل للمرحل (Best relay selection) وتوليد الضجيج الاصطناعي (Artificial noise generation) من خلال دراسة مقياسين هما معدل نقل البيانات الآمن (Secrecy rate) و احتمالية الاعتراض (Intercept probability). بالنسبة للطريقة الأولى والمتمثلة في اقتراح طريقة جديدة لاختيار المرحل، تم الاختيار الانسب لمرحل موثوق يعمل بطريقة (DF) لمساعدة المستخدم الثانوي في توصيل الرسالة بسرية تامة دون التأثير على جودة الخدمة لدى المستخدم الرئيسي، وقد تمت الدراسة عند وجود أكثر من متنصت وكذلك أكثر من مستخدم أساسي. حيث تم اشتقاق صيغة رياضية تامة لاحتمالية القطع للطرق المقترحة عند فرض أن جميع المرحلات استلمت الرسالة من المرسل في المرحلة الأولى بشكل صحيح.

أما الطريقة الثانية، عندما لا تتوافر معلومات حالة القناة للمتتنصت (Channel state information) لدى المرسل (أي اعتبار المتنصت خامل)، تم استخدام طريقة توليد الضجيج الاصطناعي (Artificial noise) والذي يقوم بتوليده المرسل اثناء ارساله للرسالة الاصلية بحيث يؤثر على قناة المتنصت فقط، بينما لا تتأثر قناة المستقبل المعني، حيث تم استخدام تقنية MISO، واقتراح ثلاث طرق مختلفة هي (Scaled beamforming, projected beamforming, and Cognitive beamforming) مع الاخذ بالاعتبار عدم التأثير على المستخدم الاساسي.

وقد أوضحت التحليلات والمحاكاة أن الطرق المقترحة حسنت من معدل نقل البيانات الآمن بشكل كبير، وأعطت احتمالية اعتراض قليلة عند مقارنتها مع الطرق التقليدية والطرق الموجودة في دراسات سابقة.



جامعة العلوم والتكنولوجيا
عمادة الدراسات العليا والبحث العلمي

تحسين أمان الطبقة الفيزيائية في شبكات الراديو الإدراكية

رسالة مقدمة من

مكرم صالح علي الجمالي

إلى عمادة الدراسات العليا والبحث العلمي، جامعة العلوم والتكنولوجيا
كجزء من متطلبات الحصول على درجة الماجستير
في الهندسة الإلكترونية (اتصالات)

إشراف

د. محمد الشدادي

قسم الهندسة الإلكترونية
كلية الهندسة
جامعة العلوم والتكنولوجيا

د. عزام ياسين النهاري

قسم الهندسة الكهربائية
كلية الهندسة والعمارة
جامعة إب

صنعاء

نوفمبر، 2015م