مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (5) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (5) 2016

تأثير التعديل المتكيف على معدل الإرسال في شبكات الاتصال النقالة

الدكتور هيثم الرضوان*

(تاريخ الإيداع 13 / 6 / 2016. قُبِل للنشر في 20/ 9 / 2016)

□ ملخّص □

يهدف البحث إلى تحليل أداء النظام الخليوي من خلال دراسة تأثير تقنية التعديل المتكيف على معدل الإرسال. استخدمت في الدراسة تقنية المنطق العائم لتحليل معدل الإرسال للوصلة الهابطة اعتماداً على كل من نوع التعديل المستخدم وجودة التغطية والمسافة بين المرسل والمستقبل. حيث تمت معالجة أربعة بارامترات لمتحولات الدخل في نظام المنطق العائم وهي : استطاعة المحطة و جودة التغطية ونمط التعديل المستخدم و نسبة الإشارة إلى الضجيج ، بينما اعتمد بارامتر واحد للخرج وهو فعالية الطيف المستخدم ممثلاً بمعدل الإرسال بالبت في الثانية لكل هرتز.

كما تم تقديم دراسة تحليلية لتحديد القيم المثلى لبارامترات الأداء الرئيسية المعتمدة لتحديد أفضل معدلات الإرسال من أجل قيم تعديل مختلفة بالإضافة إلى دراسة توابع العضوية لكل من محددات الدخل والخرج للبارامترات المؤثرة على معدل الإرسال باستخدام تقنية المنطق العائم.

الكلمات المفتاحة: معدل الإرسال – الوصلة الهابطة – نسبة الإشارة إلى الضجيج – نمط التعديل – المنطق العائم –فعالية الطيف الترددي

* أستاذ مساعد – قسم هندسة الاتصالات والإلكترونيات – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – سورية

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (5) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (5) 2016

Effect of Adaptve Modulation on the data rate in current Mobile Networks

Dr. Haytham Alradwan*

(Received 13 / 6 / 2016. Accepted 20 / 9 / 2016)

□ ABSTRACT □

This works aims to study the performance of the mobile system via studying the effects of adaptive modulation technique on the data rate. Fuzzy logic technique is used as a tool to analyze the data rate of the downlink connection depending on type of modulation, coverage quality and the distant between the receiver and the transmitter. For parameters were considered as input parameters for the fuzzy logic system mainly are: power of the station, quality of coverage, the type of modulation technique and the signal to interface noise ratio. One parameter is used as an output of the fuzzy system which is spectrum efficiency in bit per second per hertz. Analytical study to select the optimal data rates for different modulation techniques will be considered. Additionally, studying the input and output memberships of the data rate parameters using fuzzy logic will be explained. Keywords: Data rate, downlink, signal to noise ratio, modulation type, Fuzzy logic, spectrum efficiency.

Keywords: Data rate, downlink. signal to noise ratio, modulation type, Fuzzy logic, spectrum effectivnost.

***Associate Professor of Communication and Electronic Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University , Lattakia, Syria.**

مقدمة:

خلال السنوات القليلة الماضية، كان هناك تطور في تقنية الاتصالات اللاسلكية .وقد أعطى هذا النمو بعداً جديداً للاتصالات اللاسلكية في المستقبل من ناحية الاستخدام في الاتصالات الشخصية، ونقل الصور والفيديو والرسائل بغض النظر عن ثبات موقع المستخدم أو تنقله، وبالنتيجة فإن شبكات الاتصالات الشخصية في الجيل القادم تحتاج إلى وجود دعم مجموعة واسعة من الخدمات تشمل الصوت عالي الجودة، والبيانات والفاكس والصور الثابتة والفيديو ، ويعني هذا ارتفاع معدلات البيانات [6]، [20] . ومن المرجح أن تشمل التطبيقات التي تقدم الخدمات المذكورة، وهذا يتطلب معدلات عالية لنقل العديد من ميجا بت ميجا في الثانية، حيث يصل معدل نقل البيانات في الجيل الرابع للاتصالات الخلوية إلى 1 جيجابايت / ثانية للداخلية و 100 ميغا بت بالثانية للبيئات الخارجي [16] ، [21] .

كان هناك الكثير من الاهتمام في نظم الاتصالات اللاسلكية لنشر شبكة اتصالات لاسلكية ذات سرعة عالية وكلفة قليلة كبدائل لأنظمة الاتصالات السلكية . أخذت العديد من التقنيات بالحسبان لتحسين كفاءة عرض النطاق الترددي المتوفر لأنظمة الاتصالات اللاسلكية النقالة . تبين أن معدل إرسال متغير بتعديل QAM عبر قنوات ذات خفوت رايلي تعطي تحسيناً وتوفيراً حوالي 5 ديسيبل في الأداء ضمن شروط تشغيل القناة [17] . وكانت هناك زيادة كبيرة في متطلبات معدل البيانات وفق معايير جديدة لنظم الاتصالات اللاسلكية القادمة ولكي تحصل زيادة في معدلات البيانات المقدمة كان لابد من زيادة عرض الحزمة الترددية المخصصة ، ولكن هذا الخيار غير اقتصادي لذلك اتجهت الأبحاث نحو تحسين الكفاءة الطيفية، بحيث يحصل ارتفاع معدلات البيانات ضمن الحزمة الترددية المخصصة [15] .

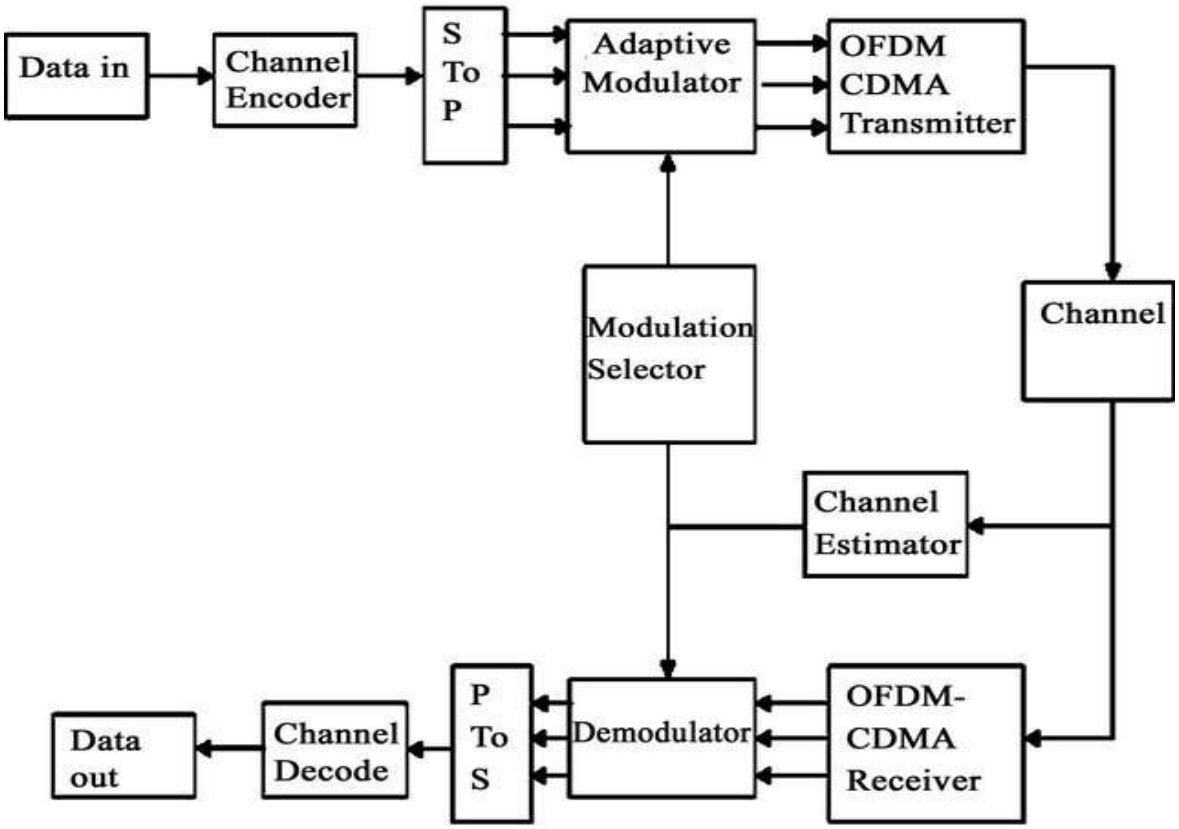
يعد التعديل من اهم التقنيات المعتمدة لتحسين معدل الإرسال في أنظمة الاتصال كافة. إذ يستخدم التعديل في الاتصالات الخليوية لزيادة إمكانية نقل البيانات بين المرسل والمستقبل، حيث كان لاستخدام نظام أنظمة التعديل المطالي المتعددة الرتب MQAM (Multi QAM) دوراً هاماً في تطوير انظمة اتصال عالية السرعة high-capacity digital communication system إذ أنه بالإمكان في أنظمة الجيل الخامس النقالة (قيد التطوير) إرسال بيانات بسرعة تتعدى 10 Gb/s على مستوى المشترك. تفرض محدودية عرض الحزمة استخدام تقنيات للحصول على معدل إرسال عالي ونسبة إشارة إلى ضجيج مقبولة وفعالية طيفية عالية، وذلك حسب التطبيق المستخدم. واتضح أن زيادة رتبة التعديل تؤدي إلى إرسال عدد أكبر من الخانات في الرمز مما يعني تحسناً في نوعية الخدمة المقدمة [1] وانتاجية وفعالية طيفية أكبر[12-11].

يشير مصطلح التطور طويل الأمد Long Terminal Evaluation (LTE) إلى سلسلة من المعايير الخلوية التي وضعتها GPP3 لتلبية متطلبات نظم الجيل الرابع G4 على وجه الخصوص، وقد تم تصميم LTE لتوفير معدلات بيانات عالية، الكمون المنخفض، وتحسين الكفاءة الطيفية مقارنة مع الأنظمة الخلوية السابقة . من أجل تحقيق هذه الأهداف تتبنى LTE تقنيات متقدمة مثل OFDMA وتقنيات متعددة الهوائيات [4] ،[10] .

اقترح التعديل و الترميز المتكيف adaptive modulation and coding (AMC) لنظام LTE، لزيادة إنتاجية القناة. وتسمح تقنيات التعديل والترميز المتكيف باختيار ترميز القناة ونوع التعديل مع المحافظة على القيمة المطلوبة لكتلة معدل خطأ Block Error Rate (BLER) ، مع الأخذ في الاعتبار ظروف القناة الحالية [19]. وتعرف كتلة معدل الخطأ BLER لمستخدم معين بالنسبة بين عدد من كتل الموارد الخاطئة إلى العدد الإجمالي لكتل

الموارد المستقبلة من قبل هذا المستخدم، في معيار LTE يضمن نوع التعديل المختارة متوسط كتلة معدل خطأ أقل من 10% ضمن شروط القناة المختبرة [8].

يوضح الشكل (1) المخطط الصندوقي للتعديل والترميز المتكيف في نظم الاتصالات المتنقلة LTE، حيث ترسل البيانات عبر قناة الترميز ثم تحول من تسلسلية إلى تفرعية ، وتطبق البيانات التفرعية على معدل متكيف، حيث ترسل بعد ذلك عبر القناة على شكل إشارة OFDMA أو CDMA. أما من جهة الاستقبال فتكون العملية معاكسة.



الشكل (1) المخطط الصندوقي للتعديل والترميز المتكيف في نظم الاتصالات المتنقلة LTE.

سنتطرق في هذا البحث إلى دراسة تأثير التعديل المتكيف Adaptive Modulation على معدل الإرسال في شبكات الاتصال النقالة الحالية باستخدام المنطق العائم Fuzzy Logic ، وسنقدم تحليلاً لبارامترات الأداء لتقنيات التعديل المستخدمة في الاتصالات النقالة، وسيتم تحليل الأداء باستخدام بارامترات الدخل التالية: نسبة الإشارة إلى الضجيج، نمط التعديل، جودة التغطية، معدل خطأ البت.

أهمية البحث وأهدافه:

تتجلى أهمية البحث في دراسة تأثير التعديل المتكيف على معدل الإرسال في شبكات الاتصال النقالة المختلفة، ودراسة أثر كل من استطاعة الارسال ونسبة الاشارة إلى الضجيج ونمط ورتبة التعديل المستخدم وجودة التغطية ممثلة بجودة وسط الانتشار على أداء الاتصال ممثلا بمعدل الإرسال للوصلة الهابطة لنظام الاتصال.

طرائق البحث ومواده:

يتضمن البحث عرضاً عاماً لبعض أنظمة التعديل الرقمية المستعملة، كما سيعرض كيفية انتقاء التعديل الأنسب بما يتناسب مع شرط الانتشار الراديوي بما يحسن من كفاءة الطيف الترددي ويحسن من جودة الاتصال.

يقدم البحث تحليلاً لأداء أنظمة التعديل المتكيفة وتأثيرها على معدل الإرسال، حيث تمت دراسة كل من تأثير نسبة الإشارة إلى الضجيج ، ونمط التعديل المعتمد، واستطاعة الارسال المناسبة وجودة التغطية على معدل الإرسال للوصلة الهابطة باستخدام المنطق المبهم. كما سيوضح العمل من خلال المحاكاة باستخدام البيئة البرمجية Matlab العلاقة بين عوامل الدخل الأربعة وتأثيرها على أداء نظام الاتصالات الخليوي.

بعض طرق التعديل الرقمية

التعديل الرقمي هو تحميل الإشارة الرقمية على موجة حاملة حيث ترسل في مجال طيفي غير مجالها الأساسي ونميز بين الأنواع الرئيسية التالية [14]:

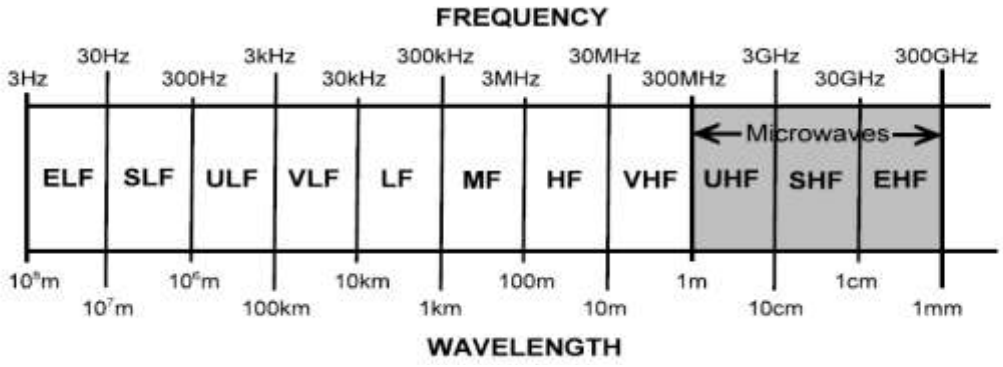
- يستخدم التعديل بالإزاحة المطالية Amplitude shift keying (ASK) لتغيير مطال الإشارة A أما قيم كل من التردد والطور فلا تتغير
- يستخدم التعديل بالإزاحة الترددية Frequency shift keying (FSK) لتغيير تردد الإشارة Wc أما قيم كل من المطال والطور فلا تتغير
- يستخدم التعديل بالإزاحة الطورية Phase shift keying (PSK) لتغيير طور الإشارة أما قيم كل من المطال و التردد فلا تتغير وتبقى ثابته.
- يستخدم التعديل المطالي المتعامد Quadrature amplitude modulation (QAM) لتغيير كل من طور ومطال الإشارة في حين يبقى التردد ثابتاً بدون تغيير.

أهم التحديات التي تواجه تقنيات التعديل المستخدمة في هذه الأيام

أكبر التحديات التي أنظمة الاتصالات هي محدودية الطيف الترددي(المبين في الشكل 2)، الامر الذي يزيد من اهمية تقنيات التعديل وضرورتها بما يساعد في زيادة فعالية الطيف الترددي سيما وأن ازدحام الطيف الترددي يعدّ من اهم التحديات التي تواجه أنظمة الاتصال في الفترة الحالية والمستقبلية [24] . ولنا أن نتصور الازدحام الشديد للطيف الترددي والحاجة الماسة لاستخدام ترددات جديدة بغية تلبيه حاجات المشتركين المتزايدة بشكل يصعب تصوره. إن ازدحام الطيف الترددي ونقص المصادر اللاسلكية فيما

قد يسببه من إمكانية حدوث تداخل بين الأقنية الراديوية المستخدمة يشكل أهم تحدي يقف أمام استخدام الكثير من تقنيات التعديل. تعدّ كفاءة عرض الحزمة من اهم التقنيات التي يعمل عليها الباحثون والمهندسون، حيث أن الدراسات الحالية الواعدة تفيد بأنه من المتوقع زيادة كفاءة عرض الحزمة لتكون 32 بت لكل هرتز الأمر الذي سيضاعف من سرعات نقل البيانات لتبلغ حدوداً

كافية لتلبية حاجات المستخدمين وخدمات الوسائط المتعددة والزمن الحقيقي .



الشكل (2): الطيف الراديوي وتوضع مجال الأمواج الميكروية فيه .

مع تنامي تطبيقات الاتصالات الرقمية في بداية ثمانينات القرن الماضي وتطورها الرهيب وانتشارها السريع حول العالم وذلك بسبب المميزات الكبيرة التي تتمتع بها من قبيل الوثوقية العالية والخدمات التي طالت كافة مجالات الحياة. إضافة لما سبق يتبادر إلى الذهن بعض التساؤلات التي لا بد من الوقوف عندها ومنها:

1. هل يمكن لتقنيات التعديل التقليدية أن تزيد من فعالية الحزم الترددية المستخدمة ؟ وإلي أي مدى يمكن ذلك؟
2. ماهي العوامل التي تقيد تطبيق تعديل دون آخر؟

تكمن الإجابة في أنه يمكن للاتصالات الرقمية أن تستخدم تقنيات تعديل قادرة على زيادة اداء فعالية الحزم الترددية المتاحة بعد معرفة ظروف الوسط الناقل. فعندما نتحدث عن الاتصالات النقالة فإن الوسط المقصود هو الهواء التي تنتشر فيه الموجة ويتم عبره التعديل. ومن هنا تلعب ظروف وسط الانتشار دوراً هامة في تحديد نوع التعديل الممكن تطبيقه بما ينعكس على كفاءة الطيف الترددي وتقديم خدمة تتمتع بجودة عالية ومناعة ضد الضجيج وقادرة على العمل في ظروف مختلفة.

إن استخدام تقنيات تعديل متطورة من قبيل 64QAM/128QAM/256QAM/512QAM سيزيد من معدل الإرسال بشكل كبير جداً وسيحسن من كفاءة نظام الاتصال. إذ إن استخدام تقنيات تصحيح ترميز فعالة مثل التعديل المرمز متعدد الطبقات MLCM(Multi-Level Coding Modulation) مكّن من زيادة سعات أنظمة الاتصالات الرقمية التي أصبحت من أساسيات الحياة والمجتمع [24-25].

أجريت العديد من الدراسات والأبحاث على تقنيات التعديل لتحسين سعات الاتصال ومعدلات الإرسال وتحسين أدائه في أنظمة الاتصالات الحديثة، كما حاولت التقليل من الآثار الجانبية السلبية لكل من الضجيج والتداخل وذلك باستخدام تقنيات تعديل متكيفة من وسط الانتشار [25-26] . اعتمدت بعض الدراسات المرجعية على اعتماد محطة وسيطية (relay node) للشبكات الهجينة .[9]، حيث أشارت نتائج الدراسة [9] إلى زيادة معدلات الإرسال بين محطة وأخرى مجاورة بالاعتماد على المحطة الوسيطية التي تساعد بزيادة معدل الإرسال في الشبكات النقالة الهجينة (heterogeneous). أما تأثير العوامل الجوية من مطر ورطوبة على أداء الاتصال والتشويه الذي قد تسببه فقد تم بحثه في المراجع [19-20] . بينت الدراسة [2] أن درجة التعديل العالية QAM256 تعطي نسبة SNR عالية على عكس BPSK، اما الدراسة [22] فقد بينت أن كشف QAM يقلل التأخير بمقدار 7,5% بينما يكون QPSK أفضل

في مجال توفير الطاقة، وبينت الدراسة [5] أن التعديل المتكيف يعطي نتائج أفضل من استخدام تعديل بمرتبة عالية من حيث معدل خطأ البت ونسبة استهلاك الطاقة..

وعلى الرغم من أن دراسة أداء تقنيات التعديل وتحسين ادائها شمل العشرات من المراجع والابحاث في السنوات الماضية إلا أن دراسة أداء هذه التقنيات على معدل الإرسال باستخدام المنطق المبهم Fuzzy logic بعد الأخذ بالحسبان البارامترات الاساسية المؤثرة على الاتصال لم يأخذ نصيبه من الدراسة والاهتمام.

الدراسة التحليلية:

استخدم المنطق العائم سابقاً لدراسة الكثير من عمليات التحكم اللاخطية ولكنه لم يستخدم لدراسة أداء تأثير تقنيات التعديل على سرعة الإرسال في شبكات الاتصالات المختلفة. إذ تتيح نظرية المجموعة المبهمة (Fuzzy set theory) التعبير اللفظي البسيط عن قوانين التحكم والتشغيل لنظام ما بكلمات بسيطة. حيث أن القوة الرئيسية وراء نظرية المجموعة المبهمة أنها تتخطى مسألة التعامل مع عدم الدقة. ففي النظريات التقليدية للانتماء لمجموعة ما فإن وجود عنصر ما سيكون إما منتمياً للمجموعة أو غير منتمي، حيث لا تتيح النظريات التقليدية لعنصر ما أن ينتمي جزئياً إليها ويطلق على هكذا نوع من المنطق ثنائي الحالة (الصح أو الخطأ) . في حين أن المنطق العائم يتيح انتقال تدريجي من حاله العضوية الكاملة إلى حالة عدم العضوية مرورا بحالة العضوية الجزئية. وبالتالي نظرية المجموعة المبهمة (اللامحدودة) من الناحية النظريه هي تعميم نظرية المجموعات الكلاسيكية .يرتبط عنصر مع المجموعة المبهمة fuzzy set بواسطة تابع العضوية μ . وتابع العضوية هذا عادة ما تكون قيمه بين 0 و 1، وهذا يعني أن القيم تقع ضن المجال [0، 1] $\rightarrow \mu$. حيث أن القيمة 1 تعني أن العنصر حصل على عضوية كاملة في أن قيمة الصفر تعني عضوية العنصر خالية والقيم الباقية بينهما تدل على درجة العضوية باقترابها وابتعادها عن كل من العضوية الكاملة والعضوية الخالية [7]، [13]، [23].

طالما أن قيم التعديل المراد تطبيقها تعتمد على ظروف انتشار يمكن أن تكون غير واضحة وذلك نتيجة طبيعة الموجة الراديوية وظروف الانتشار والطقس، تأتي النظرية اللامحددة التي طرحها العالم الإيراني احمد لطفي زاده عام 1965 بجامعة كاليفورنيا لتخفف من الارتياب بتقييم أدق لكفاءة الطيف الترددي ومعدل الإرسال الممكن الحصول عليه، وذلك بخلق عالم جديد بين عالمي الصح والخطأ وذلك بتدرج شديد التناغم وفق درجات قادرة على اعتماد الكثير من القيم والظروف المحيطة وبطريقة واضحة تعتمد على تعابير لغوية بسيطة.

كثيرة هي الأسباب التي تدعونا للتفكير باستخدام المنطق العائم لتحليل فعالية الطيف الترددي المستخدم في نظام الاتصال، ومن هذه الأسباب:

1. التغيرات السريعة في البيئة الراديوية تتطلب استجابة سريعة قادرة على ملاحقة تلك المتغيرات
2. إن ظاهرة الاتصال الراديوي تتميز بحقائق تجعل بالإمكان دراسة تأثير تقنيات التعديل على معدل الإرسال باستخدام المنطق العائم :

- حيث أنها تختلف باختلاف ظروف الانتشار الراديوي ذات الحساسية العالية
- كما أنها تختلف وتتباين تبعا للقياسات الراديوية والتغيرات الديناميكية في خصائص بيئة الاتصال النقالة.

يمكن أن نستفيد من المعالجة المبهمة لتحليل الأداء لبارامترات الاتصال الخليوي عن طريق معالجة بارامترات الدخل كما سنوضح ذلك لاحقاً.

تحليل بارامترات الاداء لتقنيات التعديل المستخدمة في الاتصالات النقالة باستخدام المنطق المبهم:

يجب أخذ عدة بارامترات بالحسبان لتقييم أداء النظام الخليوي من خلال دراسة تأثير تقنيات التعديل المتكيفة على معدل الارسال، اعتمد في الدراسة على نوع التعديل المستخدم، استطاعة النظام المطلوبة، التغطية التي تتجلى بظروف الانتشار الراديوي و نسبة الإشارة إلى الضجيج.

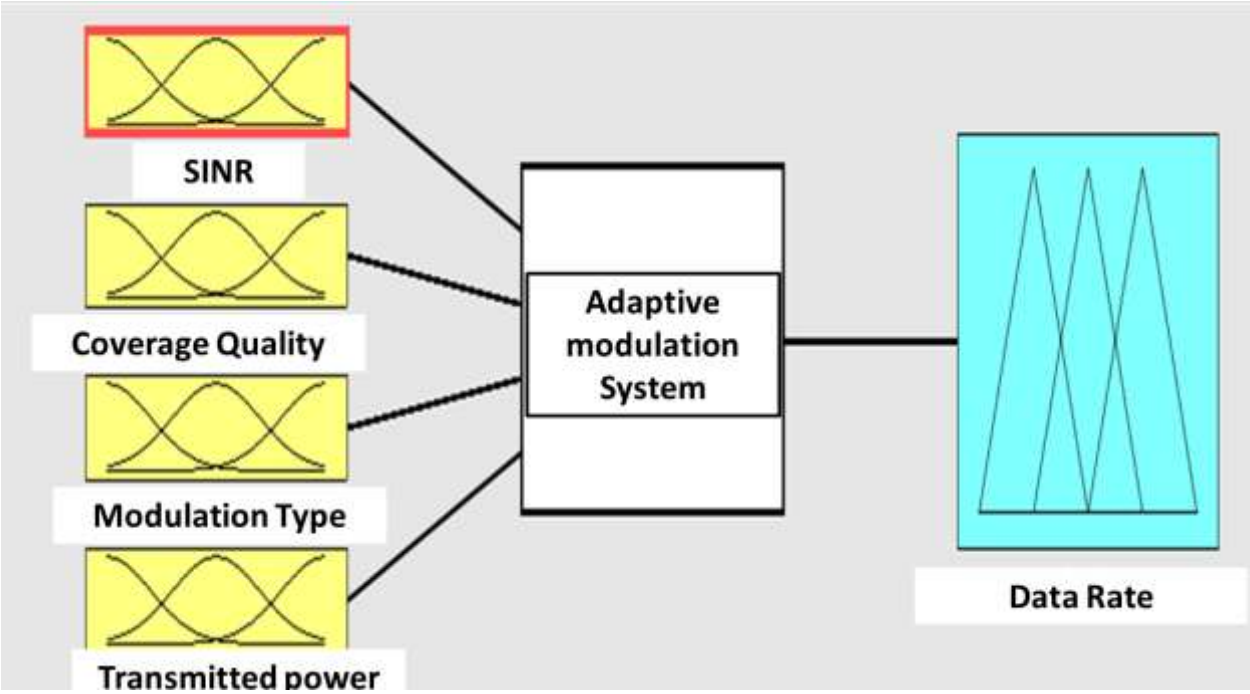
يتألف نظام المنطق العائم الذي سيعتمد لتحليل أداء نظام الاتصال النقال من بارامترات الدخل التالية:

1. الاستطاعة المرسلة المطلوبة (منخفضة–متوسطة–عالية)
2. التعديل المناسب MQAM PSK FSK
3. جودة التغطية
4. نسبة الإشارة إلى الضجيج

وبارامترات الخرج المعتمدة هي: فعالية الطيف المستخدم والمعبر عنه بمعدل الإرسال المعرف بعدد البتات المرسلة في الثانية لكل هرتز والتي يمكن لنظام الاتصال الرقمي أن ينقلها في الوصلة الهابطة (من المحطة إلى المشترك).

توابع العضوية لمحددات الدخل (Memberships of Input Parameters)

يبين الشكل(3) نظام المنطق العائم لفعالية الطيف الترددي في نظام الاتصال الخليوي والذي يتضمن 4 قيم لمحددات الدخل و متحول للخرج .

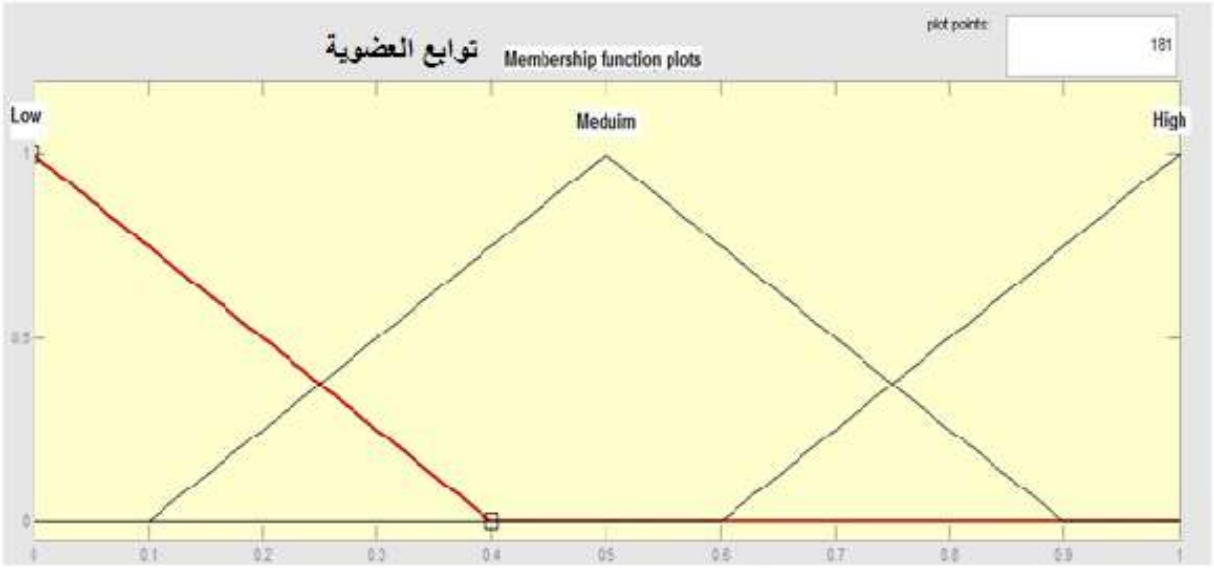


الشكل (3)– نظام المنطق العائم المعتمد في الدراسة والمؤلف من 4 متحولات للدخل ومتحول واحد للخرج.

يمكننا اعتماداً على النظرية اللامحدودة المعتمدة في المنطق العائم التعبير عن كل متحول من متحولات الدخل بطريقة القيم التعبيرية البسيطة. فعلى سبيل المثال ومن أجل متحول الدخل الأول– الاستطاعة المطلوبة (استطاعة

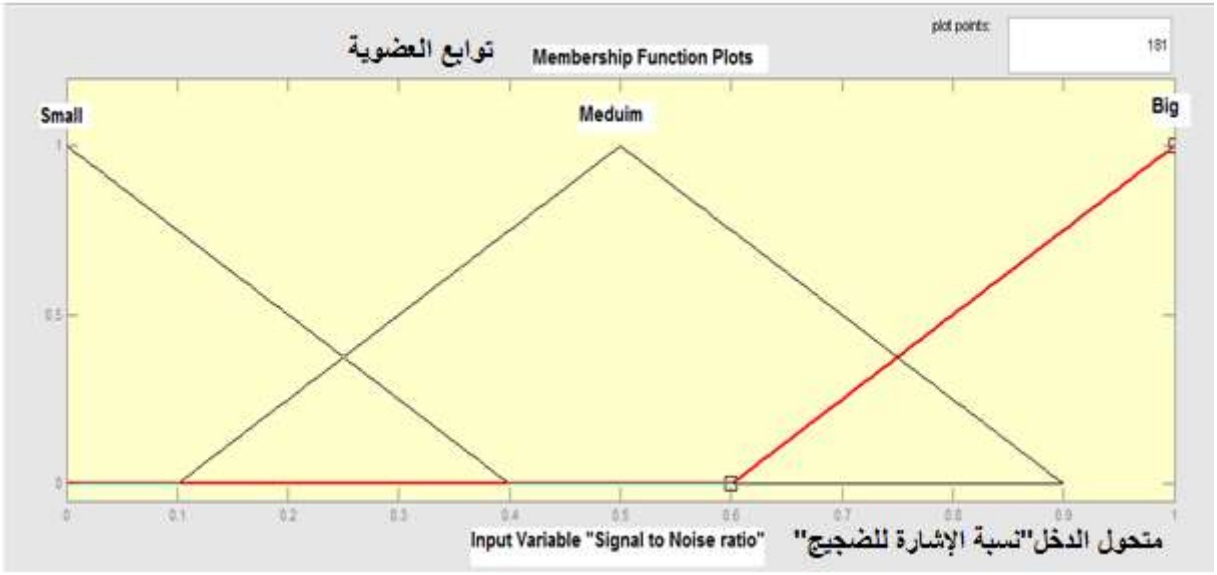
المحطة الخليوية المرسلة) المعتمد فإن قيم التعابير اللغوية (عالية، متوسطة ، ضعيفة) – High, Medium, and Low – قد تم اعتمادها لتعّبر عن توابع الانتماء ((A33(x), A22(x) ,A11(x))، على التوالي لمتحول الاستطاعة المطلوبة ضمن مجال ما، حيث يعّبر المجال المختار عن حدود مجال قيمة الاستطاعة المطلوبة التي يمكن اعتمادها بناء على نتائج دراستنا التحليلية المعتمدة في دراسة تحديد القيم المثلى لمعدل الإرسال في الوصلة الهابطة.

فمثلاً ومن أجل متحول الدخل رتبة التعديل المطبق يمكن أن يكون لقيم التابع المختار حدوداً متباينة بين استخدام رتب تعديل منخفضة ومتوسطة وعاليه لتقابل درجات تعديل PSK, 64QAM and 128QAMعلى الترتيب. و يوضح المخطط المبين بالشكل (4) علاقات تابع الانتماء لكل من متحولات الدخل المدروسة. حيث أن درجات تابع الانتماء لمحدد الدخل **رتبة التعديل** والمعرف بالتوابع منخفض ومتوسطة وعالي، تمثل توابع بسيطة من الدرجة الأولى (معادلة مستقيم لكل تعبير) موضحة بيانيا في الشكل (4). وهكذا من أجل كل متحول دخل في هذه الدراسة.

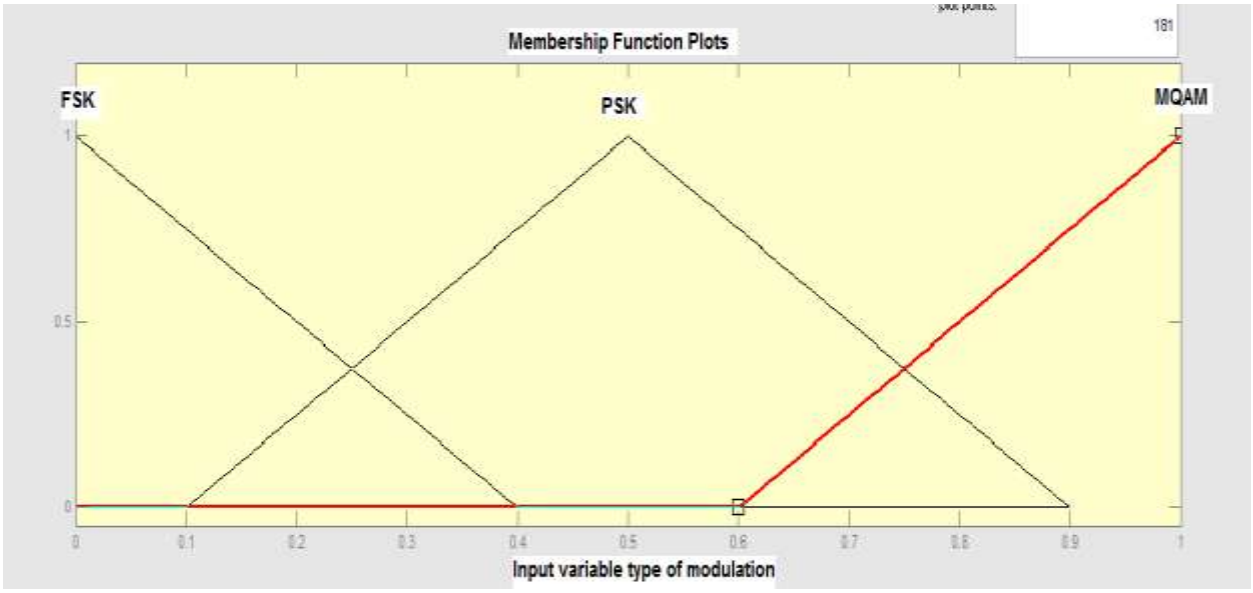


الشكل (4)– درجات تابع الانتماء لمحدد الدخل الأول / رتبة التعديل

تمثل استطاعة المحطة المرسلة متحول الدخل الثاني ويمكن التعبير عنه بالقيم الكلامية صغيرة، متوسطة وكبيرة لتقابل قيم استطاعة ارسال للمحطة (0.5 – 5 –15) واط على الترتيب. أما بالنسبة لمحددات الدخل الأخرى نسبة الإشارة إلى الضجيج ونمط التعديل المستخدم، موضحة في الاشكال 5 و 6 على الترتيب.



الشكل (5)– درجات تابع الانتماء لمحدد الدخل الثالث / نسبة الإشارة إلى الضجيج



الشكل (6)– درجات تابع الانتماء لمحدد الدخل الرابع / نمط التعديل المستخدم

توابع العضوية لمحددات الخرج (Memberships of Output Parameters) :

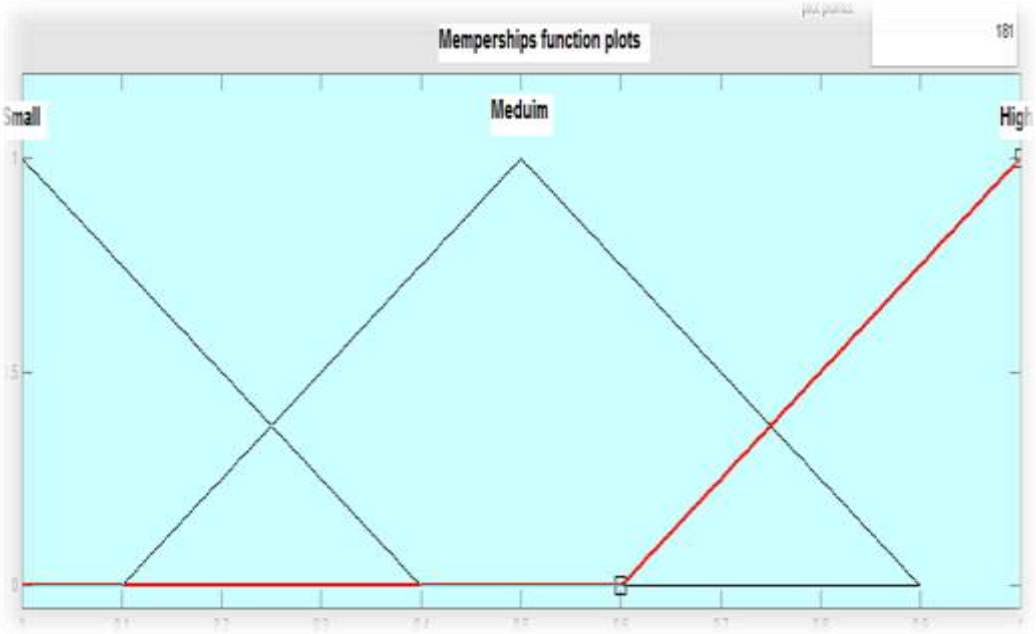
إن محددات الخرج للمنظومة المبهمة المعتمدة في الدراسة هي معدل الإرسال للوصلة ، وما يظهر من الشكل (7) (متحولات الخرج وعددها 1).

عرّفت تابع متحول الخرج (معدل الإرسال) لتكون عالية، متوسطة ومنخفضة (High, Medium and small) . حيث تعبر القيمة (1) (في تابع العضوية μ لاحتمال حدوث التأرجح لمسار الاتصال) عن توفر سعة

مناسبة تماماً للوصلة وبأداء أمثل، في حين أن القيمة (0) تشير إلى معدل إرسال ضعيف أو منعدم ودرجات الانتماء لها مبينة في الشكل (7).

آلية الاستنتاج المبهمة (Fuzzy inference)

تعرف آلية الاستنتاج المبهمة بأنها العملية الكاملة لاتخاذ القرارات باستعمال المنطق العائم وتجمع هذه العملية كل المكونات التي اعتمدت حتى الآن(محددات دخل وخرج ودرجات انتمائها). وتجدر الإشارة إلى أن عدد القواعد في النظام المدروس والمؤلف من 4 محددات دخل وكل متحول ممثل بثلاث دلالات عضوية (صغيرة، متوسطة وعالية) تحتاج إلى 81 قاعدة لتربط بينها.



الشكل (7)– درجات تابع الانتماء لمحدد الخرج (معدل الإرسال للوصلة الهابطة)

نتائج التحليل باستخدام المنطق العائم والمناقشة:

سنعتمد في تحليل النظام المؤلف من 4 متحولات دخل ومتحول خرج واحد على المنطق العائم. بعد تحديد محددات الدخل والخرج وإدخالها إلى برنامج الماتلاب (Matlab Fuzzy Toolbox Membership Function Editor)، ننتقل إلى تحديد القواعد التي تربط بين متحولات الدخل والخرج في النظام المدروس وكتابتها باستخدام محرر القواعد في برنامج الماتلاب. حيث أن عدد القواعد في النظام المدروس والمؤلف من 4 محددات دخل وكل متحول ممثل بثلاث دلالات عضوية (صغيرة، متوسطة وعالية) مع متحول خرج واحد ممثل أيضا بثلاث متحولات تعتمد على نتيجة القاعدة في آلية الاستنتاج الغموضية المستخدمة في برنامج الماتلاب.

مع التذكير بأن القيم المعتمدة للتحليل بالنسبة لبارامترات الدخل هي:

1. استطاعة المحطة المرسلة المطلوبة (منخفضة–متوسطة–عالية) تتراوح القيم المتوسطة لمعدلات الإرسال للمحطات اللاسلكية في أنظمة الاتصالات الخليوية بين 0.5 واط للمحطات ذات المدى القصير إلى 5 واط للمحطات المتوسطة وتمتد إلى أكثر من 15 واط للمحطات ذات المدى الكبير والاستطاعة العالية. مع التذكير أن بعض المحطات يمكن أن تعمل باستطاعة 0.1 واط من أجل تغطية بعدة امتار (كما هو الحال في المحطات من

النوع فمتو إلى 20 واط كما هو الحال في المحطات عالية الأستطاعة والتي قد تستخدم لاعتبارات التغطية ولمسافات كبيرة.

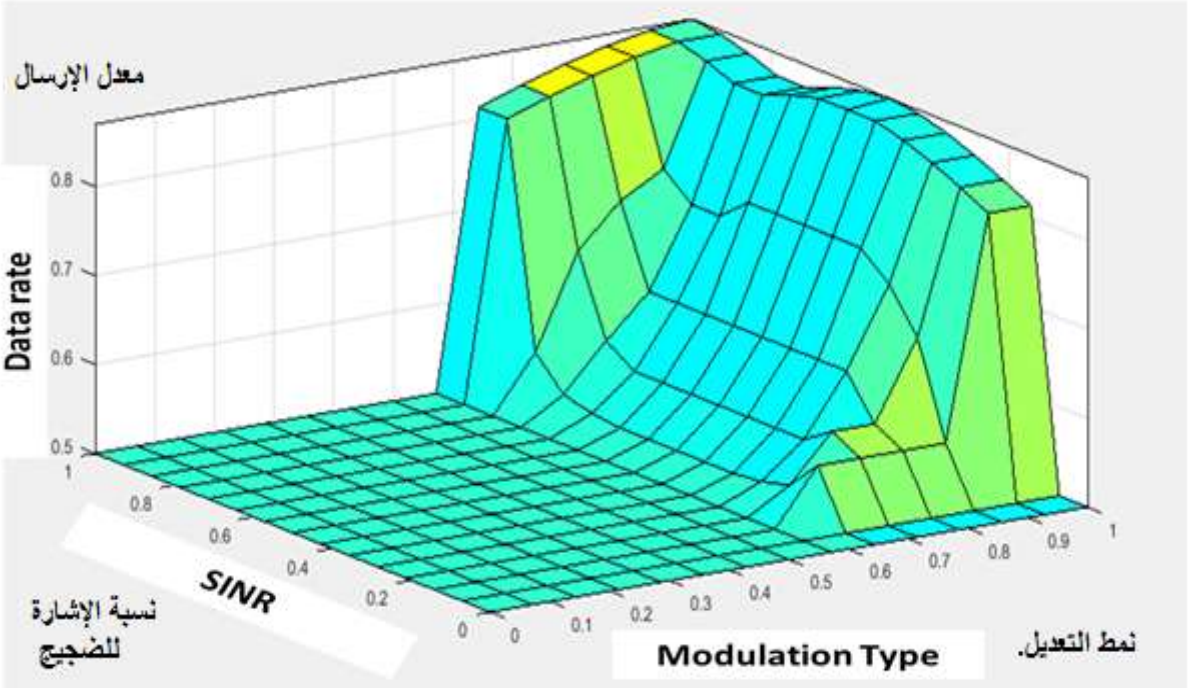
2. التعديل المناسب ويتضمن اختيار نوع التعديل الملائم لظروف الاتصال حيث يتم الاختيار بين أنظمة التعديل التالية (MQAM ، PSK , FSK) وذلك تبعاً للظروف الراديوية المحيطة .

3. جودة التغطية (يمكن التعبير عن جودة التغطية في الأنظمة اللاسلكية بشدة الإشارة المستقبلة بال dBm إذ أن القيم الضعيفة تكون ذات قيمة (−100)، والمتوسطة (−85) والجيدة أكبر (−65).

4. نسبة الإشارة إلى الضجيج (حيث أن القيم الجيدة لنسبة الإشارة إلى الضجيج يجب أن تتراوح بين (25وحتى 40 ديسبل) والقيم المتوسطة بين (16−24 ديسبل) في حين أن القيم الضعيفة والتي تمثل الحد الأدنى اللازم لإجراء الاتصال يجب أن تكون في حدود (10−15 ديسبل)). وإذا ما استخدمنا القيم الوسيطية للتعبير عن نسبة الإشارة إلى الضجيج في نظام الاتصال المعتمد باستخدام المنطق العائم الممثل بالتعابير الكلامية (كبيرة متوسطة وصغيرة) لتكون على الترتيب (33 ، 20 ،17) ديسبل على الترتيب.

يمكن الآن أن ندخل مجالات القيم المعتمدة لنظام الاتصال المدروس إلى برنامج الماتلاب باستخدام القواعد التي تربط قيم الدخل بالخرج لنحصل على النتائج الموضحة فيما يلي.

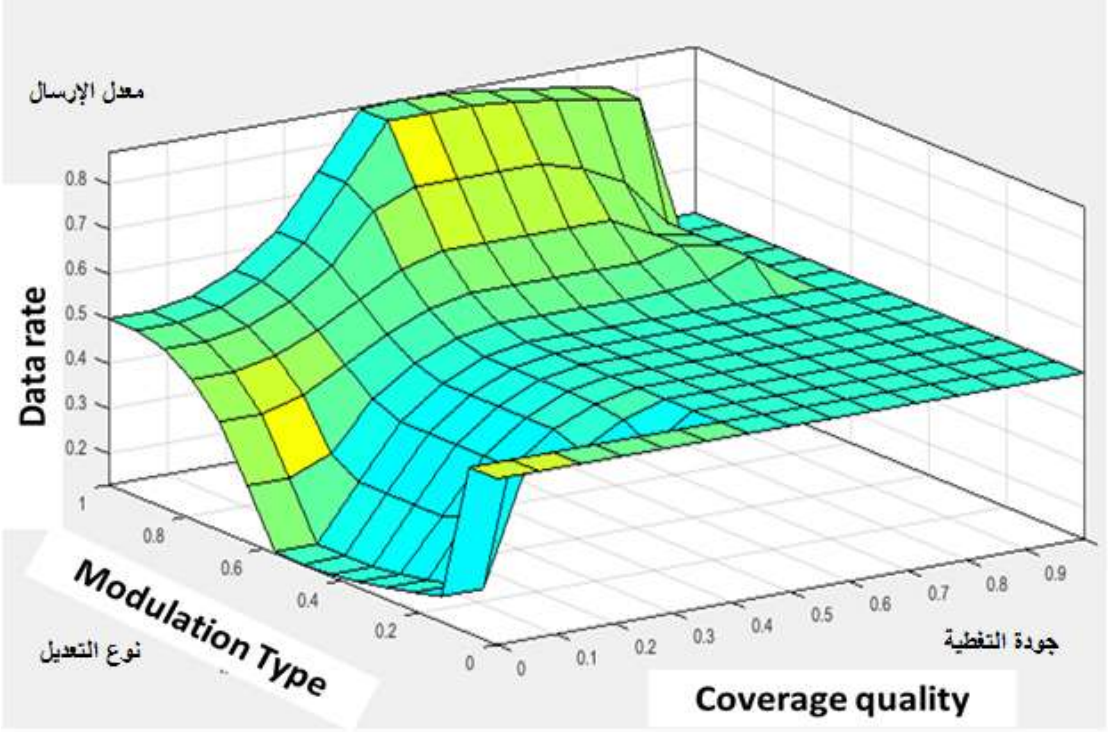
إن تأثير قيم كل من نسبة الإشارة إلى الضجيج SNR ونمط التعديل المعتمد وجودة التغطية والاستطاعة الطلوبة على معدل الإرسال للوصلة الهابطة في نظام الاتصالات الخليوي موضحة في الأشكال (8−12).



الشكل (8) تأثير كل من نوع التعديل المطبق ونسبة الإشارة إلى الضجيج على معدل الإرسال.

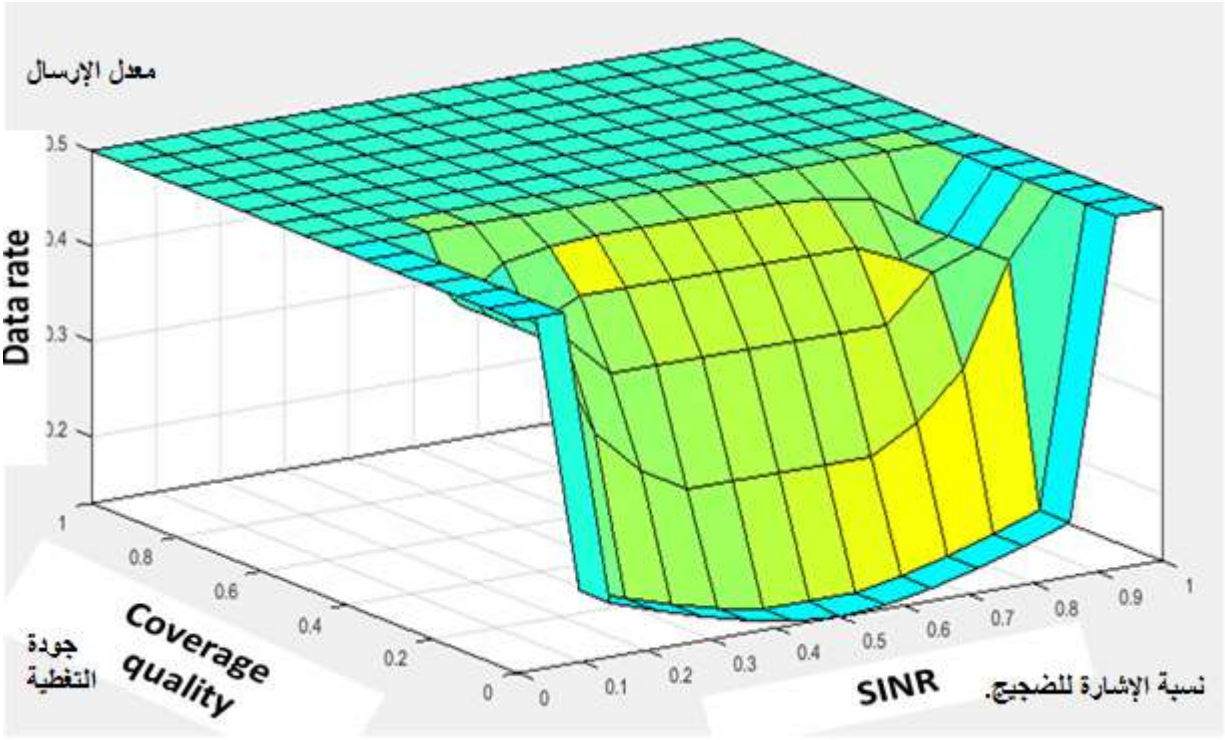
يبين الشكل (8) أن معدل الإرسال يأخذ قيماً عظمى من أجل أنواع تعديل ذات رتب عالية(MQAM) في حال كون نسبة الإشارة إلى الضجيج عالية (أكبر من 33 ديسبل) . إذ أن انخفاض نسبة الإشارة إلى الضجيج إلي قيم أقل

من 20 ديسبل لن يمكّن من استخدام نوع التعديل من الرتب العالية نظراً لتأثر الاتصال بظروف الانتشار الراديوي، الأمر الذي يتطلب استخدام نوع تعديل قادر على التأقلم والعمل مع ظروف البيئة الراديوية التي تتطلب نوع تعديل قادر على العمل في ظروف التشويش كما هو الحال في تقنية التعديل الطوري.



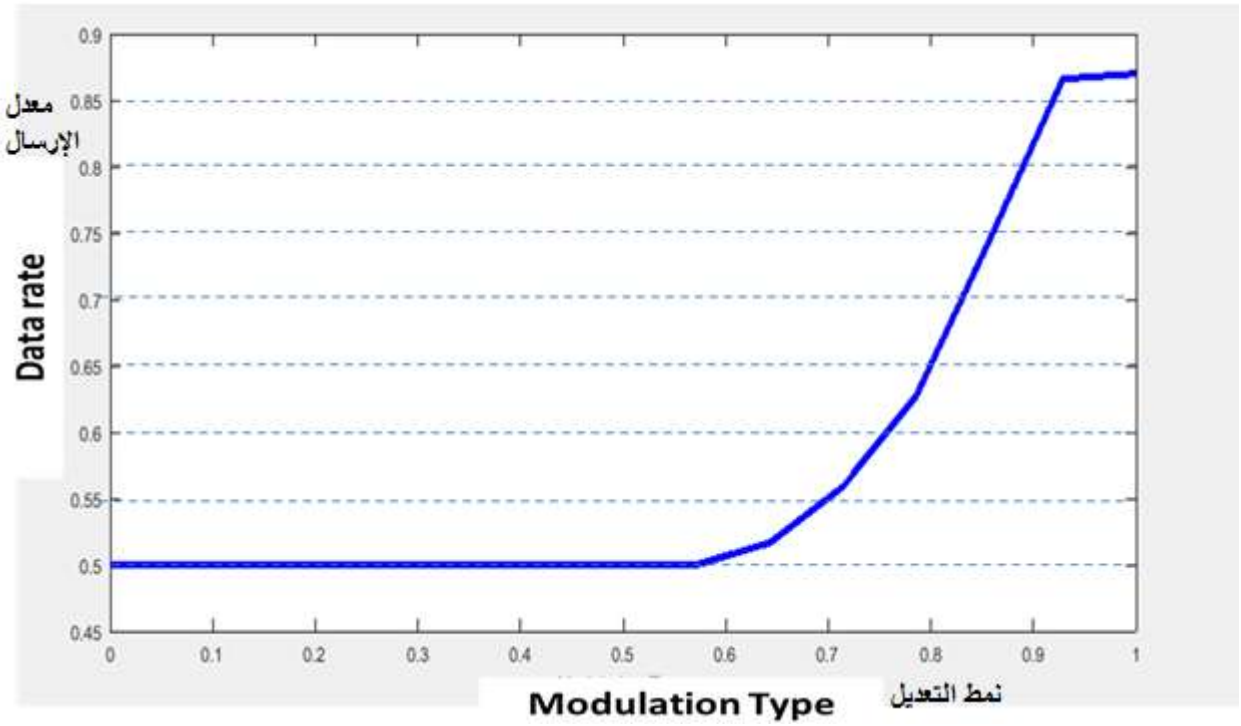
الشكل (9) تأثير كل من نوع التعديل المطبق جودة التغطية على معدل الإرسال.

يبين الشكل (9) ازدياد معدل الإرسال ليبلغ قيماً عظمى من أجل أنواع تعديل ذات رتب عالية في حال كون التغطية جيدة أي من أجل قيم شدة الإشارة المستقبلة أكبر من القيمة 75 dBm (مع الأخذ بالحسبان قيم استطاعة الإرسال التي يجب أن تكون مناسبة لكي تكون قادرة على تأمين التغطية اللازمة والتي عُبر عنها بشدة الإشارة المستقبلة). إذ أن انخفاض جودة التغطية الممثل بشدة الإشارة المستقبلة إلى ما دون – 95 dBm وانخفاض استطاعة الإرسال للمحطة إلى ما دون 1 واط لن يمكّن من استخدام نوع التعديل من الرتب العالية نظراً لانخفاض أداء الاتصال في ظروف التغطية السيئة الأمر الذي قد يخفض مردودية وكفاءة الاتصال. إن العلاقة بين جودة التغطية ونسبة الإشارة إلى الضجيج تتطلب على الأقل توفر تغطيه جيدة ونسبة إشارة إلى الضجيج مقبولة للحصول على معدلات إرسال عالية الأمر الذي يسمح بتطبيق نوع تعديل عالي الرتبة كما يتضح من الشكل (10) أن استخدام محطات ذات استطاعات كبيرة (أكبر من 15 واط) وإمكانية الحصول على نسبة إشارة إلى الضجيج عالية (اكبر من 32 ديسبل) سيزيد من معدل الإرسال بشكل كبير جداً وخصوصاُ مع إمكانية تطبيق التعديل بالرتب العالية.

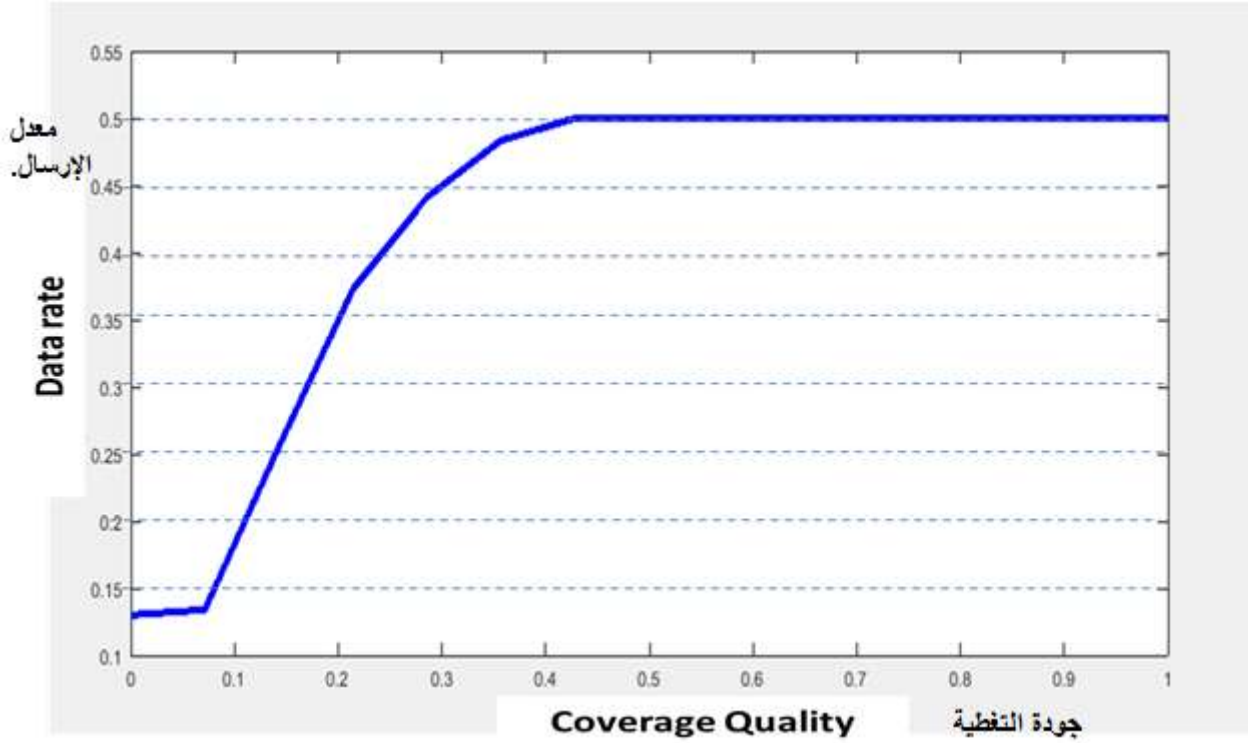


الشكل (10) نسبة الإشارة إلى الضجيج و جودة التغطية على معدل الإرسال بتطبيق تعديل ذو رتبه عالية

إن علاقة نوع التعديل بمعدل الإرسال مبينة في الشكل (11) حيث أن معدلات الإرسال العالية تتطلب انواع تعديل ذات رتبة عالية أكبر من 128 QAM، ولكن هذا يتطلب ظروفاً راديوية خاصة يمكن أن تتوفر عندما يكون المشترك قريبا من المحطة أو عند استخدام محطات مطورة صغيرة الحجم من نوع نانو. إذا أن المحطات صغيرة الحجم ستزيد من جودة التغطية للمشتركين القريبين منها وتحسن من نسبة الإشارة إلى الضجيج وبالتالي تتيح إمكانية استخدام تقنيات التعديل عالية الرتب الأمر الذي يمكن من زيادة معدلات الإرسال إلى حدود كبيرة جداً. إن التقنيات المستخدمة حالياً قد مكنت من زيادة فعالية الطيف الترددي باستخدام 64QAM في ظروف خاصة وجيدة لبيئة الانتشار الراديوي. إن استخدام تقنيات تعيدل أكبر من 128QAMسيمكن من زيادة الكفاءة الترددية كثيراً. حيث من الممكن تطبيقها في الجيل الخامس الذي يعمل فيه المهندسون والباحثون على معدلات إرسال لاسلكية تصل إلى 10 جيغا بت في الثانية وهذا لن يتم بالتأكيد من دون استخدام أنظمة التعديل ذات الرتب العالية وضمن ظروف راديوية جيدة على أقل تقدير. إن للتغطية الجيدة وعدم وجود فجوات فيها سيمكن المشغلين من الحصول على معدلات إرسال عاليه في حال تطبيق تعديل من رتب عاليه كما يتضح من الشكل (12).



الشكل (11) تأثير نوع التعديل على معدل الإرسال .



الشكل (12) تأثير التغطية على معدل الإرسال بتطبيق تعديل ذو رتبه عالية .

بناء على نتائج التحليل باستخدام المنطق العائم لتأثير التعديل المتكيف المعتمد على جودة البيئة الراديوية يوصى باستعمال التعديل بالإزاحة الطورية PSK (الذي يعد تعديلاً أساسياً مستخدماً في أنظمة الاتصالات اللاسلكية

المنخفضة والمتوسطة الاستطاعة)، وذلك نظراً لتمتعه بمناعة أفضل ضد التدخل والعمل في ظروف انخفاض نسبة الإشارة إلى الضجيج وقلة التغطية، إضافة لكونه تعديل بسيط جدا وفعال من حيث التكلفة. ومن أنواع التعديل الممكن استخدامها – في نظم الاتصالات اللاسلكية الرقمية المنخفضة والمتوسطة– تعديل إزاحة الطور الرباعي (4PSK أو QPSK). أما في انظمة الاتصالات عالية الاستطاعة وذات جودة التغطية العالية (قيم شدة الإشارة المستقبلة أكبر من –75 dBm) فينصح باعتماد التعديل المطالي المتعامد متعدد الدرجات MQAM، الذي يتمتع بفعالية استخدام عالية للطيف الترددي، وفي حال اعتماد تعديل اكثر من ثنائي تزداد سعة الإرسال للوصلة الهابطة وتتحسن فعالية النقل فيها بازدياد رتبة التعديل. مع التاكيد على أن استخدام التعديل عالي الرتب يتطلب ظروفاً جيدة لكل من نسبة الاشارة إلى الضجيج وقيماً عالية للتغطية الأمر الذي يعد بمعدلات إرسال كبيرة جداً (أكبر من 1 جيغا بت في الثانية) قادرة على تحقيق متطلبات المشتركين وخدمات الجيل القادمة عالية الدقة وضمن الزمن الحقيقي وهذا يتوافق مع نتائج التحليل والدراسة باستخدام المنطق العائم.

يستلزم الحصول على معدلات ارسال عالية في أنظمة الاتصال اللاسلكية أن تكون شدة الإشارة المستقبلة عند المشترك والتي تعكس جودة الخدمة أكبر من (– 75 dBm)، كما يجب أن تكون نسبة الإشارة إلى الضجيج ضمن قيم أعلى من 25 ديسبل مع تطبيق معدلات تعديل ذات رتبة أعلى من 128 QAM. مع الإشارة إلى أن استطاعة الإرسال للمحطة اللاسلكية ترتبط ارتباطاً وثيقا بكل من جودة الخدمة ونسبة الإشارة إلى الضجيج، مع مراعاة أن استخدام المحطات يخضع لاعتبارات تتعلق بتوزع المشتركين وحركتهم، كما أن لكثافة المشتركين دور هام في تحديد استطاعة المحطة اللاسلكية. إذا أن ازدياد الكثافة يحتم استخدام محطات ذات مدى صغير ومحطات ذات استطاعة صغيرة نسبياً قادرة على تخديم بضعة مشتركين يتوزعون ضمن مجال عملها الذي قد لا يتعدى عشرات الأمتار بالنسبة للمحطات ذات الاستطاعة الصغيرة (0.5 واط). إن النتائج التي حصلنا عليها باستخدام المنطق العائم يمكن أن تستخدم في أي نظام اتصال لاسلكي بغية زيادة معدلات الإرسال في شروط لتشغيل المختلفة.

الاستنتاجات والتوصيات:

عُرض في هذا العمل تأثير كل من ونمط التعديل المطبق والاستطاعة المرسلة المطلوبة ونسبة الاشارة إلى الضجيج وجودة التغطية على معدل الإرسال باستخدام المنطق العائم. تبين أن متحول الخرج المعتمد في نظام المنطق الغائم (معدل الإرسال للوصلة الهابطة) شديده الحساسية لنمط التعديل المعتمد دون إهمال لنسبة الاشارة إلى الضجيج وجودة التغطية واستطاعة المحطة المرسلة، ومع الأخذ بالحسبان أيضاً بواقع النظام المستخدم وظروف التشغيل المعتمدة. أوصت قيم التحليل باستخدام المنطق العائم أن يتم اعتماد رتب التعديل العالية MQAM مع الاستطاعات العالية (اكبر من 15 واط) والتغطية الممتازة (من أجل قيم شدة الإشارة المستقبلة أكبر من – 65 dBm) بغية زيادة معدل الإرسال للوصلة الهابطة. إن تحديد قيمة ومجال محددات الدخل المعتمدة ستمكننا من اختيار القيم الأنسب لزيادة فعالية وأداء نظام الاتصال باختيار القيم الأنسب لتحقيق معدل إرسال منيع ومستقر قادر على العمل في مختلف ظروف الانتشار الراديوي بما يعطي الأداء الأفضل لنظام الاتصال. سيتم في العمل المستقبلي تبيان مدى مقاربة النتائج للواقع العملي وتطبيق قيم نتائج التحليل باستخدام المنطق العائم المعتمد في دراستنا الحالية على شبكة حقيقية وحية بالتعاون مع شركة الاتصالات و شركات الخليوي لاعتبارات التقييم والمقارنة.

المراجع

1. R.HEIDARI, F. AFROZ, R SUBRAMANIAN, S CONG, K.SANDRASEGARAN, X.KONG, Packet scheduling study for heterogeneos trafic in IN downlink 3GPP LTE system, International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN), October 2015.,Vol. 7, No. 5, pp. 91-106

2. Manju Agrawal, Naresh Purohit, Surabhi Kaushik, INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES & RESEARCH TECHNOLOGY PERFORMANCE ENHANCEMENT OF IEEE 802.16E (MOBILE WI-MAX) SYSTEM WITH ADAPTIVE MODULATION AND CODING TECHNIQUES, [Agrawal, 4(4): April, 2015,pp.18-23*

3. P. SADHASIVAM, M. MANIKANDAN,VLSI Based Adaptive Modulation and Adaptive OFDM, IJRSET,2015, Volume 2, Issue 3 Pages: 37-45

4. R. BRUNO, A. MASARACCHIA, A. PASSARELLA, Robust Adaptive Modulation and Coding (AMC) Selection in LTE Systems Using Reinforcement Learning, IEEE 80th Vehicular Technology Conference (VTC2014-Fall), Vancouver, BC, 2014, pp. 1-6.

5. GUNJALl POOJA RAOSAHEB, R.R. BHAMBARE, Adaptive OFDM Modulation Used For SDR , IJRSET,2014, Volume 2, Issue 8 Pages: 39-43

6. T.S.HARIVIKRAM,. R.HARIKMAR, Dr. C.GANESH BABU, P.MURUGAMANICKMAN., *Adaptive Modulation and Coding Rate for OFDM Systems*. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Volume 3, Issue 2, February 2013,pp.250-255.

7. A. KAUFMANNk M. M. GUPRA, Introduction to Fuzzy Arithmetic Theory and Application, Van Nostrand Reinhold, New York, 7th edition, 2013

8. 3GPP: Technical Specification Group Radio Access Network, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer procedures (Release 11)," 3GPP TS 36.213 V11.3.0, June 2013.

9. M PENG, W WANG, "Investigation of Cooperative Relay Node Selection in Heterogeneous Wireless Communication Systems", IEEE International Conference on Communications Workshops, May 2008 [10] B Zafar, D Schulz, S Gherekhloo, M Haardt, "Ad Hoc Networking Solutions: Cooperative MIMO Multihop Networks", IEEE Vehicular Technology Magazine, March 2011

10. A. GHOSH, R. RATASUK, B. MONDALL, N. MANGALVEDHE, T. THOMAS, LTE-advanced: next-generation wireless broadband technology , IEEE Wireless Communications June 2010, vol. 17, no. 3, pp. 10–22.

11. KUNDU SUDAKSHINA). Analog and Digital Communications. Pearson Education India. 2010 pp. 163–184..

12. KE-LIN DU, M. N. S. SWAMY . Wireless Communication Systems: From RF Subsystems to 4G Enabling Technologies. Cambridge University Press. 2010,p. 188.

13. ROSS T. J. '' Fuzzy Logic with Engineering Applications'' Wiley-Blackwell; 3rd Edition 2010, pages 606.

14. R. FANTACCI, D. MARABISSI, D. TARCHI, I. HABIB, Adaptive modulation and coding techniques for OFDMA systems, IEEE Transactions onWireless Communications, Semptember 2009, vol. 8, no. 9, pp. 4876–4883.

15. E. ARMANIOS, D. D. FALCONER, H. YANIKOMEROGLU, *Adaptive modulation, adaptive coding, and power control for fixed cellular broadband wireless systems: some new insights*, Wireless Communications and Networking, 2003, vol.1, pp. 238-242 .

16. P. MAHONEN, G. C. POLYZOS, *European Research and Development on Fourth-Generation Mobile and Wireless IP Networks [Guest Editorial]*, IEEE Personal Communications, vol. 8, 2001, pp. 6–7.

17. R. Van Nee and R. Prasad, 2000,―OFDM for Wireless Multimedia ommunications,‖ Artech House Publishers, Massachusetts

18. BERTONI, H. L. Radio Propagation for Modern Wireless Systems, 1st ed. Upper Saddle River (NJ, USA): Prentice Hall, 2000

19. LAHTI, B. P., Modern Digital and Analog Communication Systems, 3rd edn, Oxford: Oxford University Press, 1998,1004pages.

20. C. G. GINNTHER, J.E. PADGETT and T. HATTORI, 1995, *Overview of wireless communications*,‖ IEEE Communication Magazine, vol. 33, pp. 28–41.

21. K. BEN LATIEF, J. C. I. CHANG, R. D. MURCH, 1996, *A high transmission method for wireless personal communication*, Kluwer Academic Publisher, vol. 3, pp. 229–317

22. WILLIAM C. Y. LEE, "Mobile Cellular Telecommunications Analog and Digital Systems". McGraw-Hill،Inc, 1995, Second Edition, Chapter 12, p.p. 365.

23. WANG, L. "Adaptive Fuzzy Systems and Control," Prentice Hall, Inglewood Cliffs, New Jersey 1991.

24. P. MATHIOPOULOS and K. FEHER, "Performance evaluation of a 512-QAM system in distorted channels," Proceedings Pt F, vol. 133, pp. 199–204, April 1986.

25. M. SHAFI and D. MOORE, "Further results on adaptive equalizer improvements for 16 QAM and 64 QAM digital radio," IEEE Transactions on Communications, vol. COM-34, pp. pp59–66, January 1986.

26. M. BORGNE, "Comparison of high level modulation schemes for high capacity digital radio systems," IEEE Transactions on Communications, vol. COM-33, pp. 442–449, May 1985.