

محاكاة وتقدير أداء الاتصالات التعاونية في أنظمة الاتصالات اللاسلكية

الدكتور فواز مفضي*
أحمد زين**

(تاريخ الإيداع 1 / 11 / 2015. قُبل للنشر في 1 / 12 / 2015)

□ ملخص □

على الرغم من كون تقنية متعدد المداخل متعدد المخارج **MIMO** تُحسّن من وثوقية نظام الإرسال اللاسلكي ومن معدل النقل، إلا أن هذا التحسن يكون على حساب التكلفة المرتفعة في العتاد الصلب **Hardware** وزيادة في الحجم إضافة إلى التعقيد البنوي، لذلك فإن فعالية التكلفة **cost-effective** لتنفيذ هذه التقنية ما زالت تحدّ قائم. يمكن تحسين الأداء دون زيادة الكلفة بشكل كبير باستخدام أنظمة **MIMO** افتراضية حيث يتم تحقيق التباعد باستخدام أجهزة موجودة مسبقاً ضمن البنية التحتية للشبكة وتسمى هذه الأنظمة عندئذ بأنظمة الاتصالات التعاونية والتي هي موضوع البحث.

تتم المحاكاة باستخدام برمجيات محاكاة معيارية **MATLAB R2013b** وعامة مفتوحة المصدر **Open Source** محاكي الشبكات **3- Network Simulator**. لتوصيف مشاكل الاتصال في الشبكات اللاسلكية واقتراح الحلول المناسبة.

الكلمات المفتاحية: الاتصالات التعاونية، متعدد المداخل متعدد المخارج **MIMO**، القنوات اللاسلكية، معدل خطأ البت **BER**، سعة قناة اتصال **Channel Capacity**، وحيد المدخل وحيد المخرج **SISO**.

*مدرس - قسم هندسة الإلكترونيات والاتصالات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق - سورية.
**طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم هندسة الإلكترونيات والاتصالات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق - سورية.

Simulation and estimation for cooperative communication performance in wireless communication systems

Dr. Fawwaz Mfadi *
Ahmad Zien **

(Received 1 / 11 / 2015. Accepted 1 / 12 / 2015)

□ ABSTRACT □

Although Multi-Input-Multi-Output MIMO improve reliability of wireless transmission system and increase bit rate, but this improvement relay on higher cost in Hardware and increase in size as well as complex structure, so the cost-effective challenge still exists to implement these technique.

Performance can be improved without increasing the cost significantly by using virtual MIMO systems where the spacing is achieved by using pre-existing devices within the network infrastructure, these systems called cooperative communication systems, which are the subject of this research.

The simulation is based on standard software for modeling MATLAB and open sourced Network simulator-3 (NS-3) to characterize problems in wireless communications systems and propose appropriate solutions.

Keywords: Cooperative communications, Multi-Input-Multi-Output, Wireless channel, Bit error rate, Channel Capacity, Single –Input – Single Output.

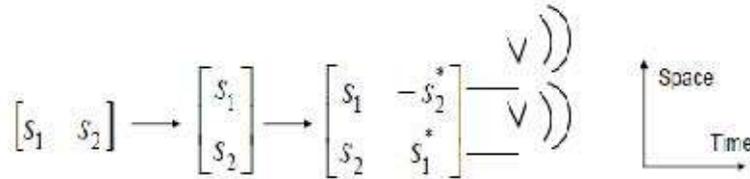
*Assistant Professor- Department of Electronic & Telecommunication Engineering, Faculty of Mechanical &Electrical Engineering - Damascus University –Syria.

**Postgraduate Student- Department of Electronic & telecommunication - Faculty of Mechanical & Electrical Engineering - Damascus University- Syria

مقدمة:

تعدّ الاتصالات اللاسلكية إحدى تقانات الاتصالات التي تطورت تطوراً كبيراً وتمتاز بفعالية عالية من حيث النفاذ النقال Mobile Access، لكن ذلك يتسبب بانخفاض جودة أداء هذه النظم (وفق بارامترات الأداء مثل جودة الاتصال وسعة القناة ومعدل خطأ البت) نتيجة عدة أسباب منها: الفقد الناتج عن ضياع المسار للأقنية اللاسلكية والخفوت بأنواعه و تعدد المسارات .

في الفترة الأخيرة في التسعينات 1995 - 1998 طُورت تقنيات عديدة [1,2,3,4] للتغلب على المشاكل السابقة ومن أهمها MIMO والتي مرت بمرحلتين تطوير :
المرحلة الأولى تقنية التنوع Diversity التي تعتمد على استخدام أكثر من هوائي في المرسل / المستقبل والتي ينتج عنها مسارات خفوت منفصلة (مستقلة) تؤدي لتحسين جودة الاتصال، في المرحلة الثانية [5,6,7] أضيفت آلية إعادة الإرسال بتأخير زمني وسميت هذه التقنية والتي تعطي في النتيجة تنوع زمني ومكاني بالترميز الزمني Space-Time coding كما هو مبين بالشكل (1)



الشكل (1) مبدأ التنوع الزمكاني [10] Space - Time Coding

بالرغم من تطوير تقنية MIMO ما زالت تعاني من عدة مشاكل أهمها: ازدياد حجم المرسل / المستقبل نتيجة استخدام أكثر من هوائي، وصعوبة التكامل على شريحة واحدة، وازدياد التكلفة الناتجة عن إضافة الهوائيات والعتاد الصلب المفروض، وأخيراً ازدياد استهلاك الاستطاعة نتيجة زيادة عدد مكبرات الاستطاعة وإضافة عتاد صلب جديد. بهدف التخفيف من تأثير المشاكل السابقة، أقتراح استخدام أنظمة MIMO افتراضية حيث يتحقق التنوع باستخدام أجهزة موجودة مسبقاً ضمن البنية التحتية للشبكة وتسمى هذه الأنظمة بأنظمة الاتصالات التعاونية وهي موضوع البحث.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى دراسة بروتوكولات الاتصالات التعاونية ووضع نموذج مرجعي لهذه الأنظمة ، ومقارنة أداء هذه الأنظمة مع أنظمة متعدد المداخل متعدد المخارج MIMO والاتصالات التقليدية SISO، وذلك بهدف دراسة سعة قناة الاتصال اللاسلكية ومعدل الخطأ وتبيان مساوئ ومحاسن هذه الأنظمة .

طرائق البحث ومواده:

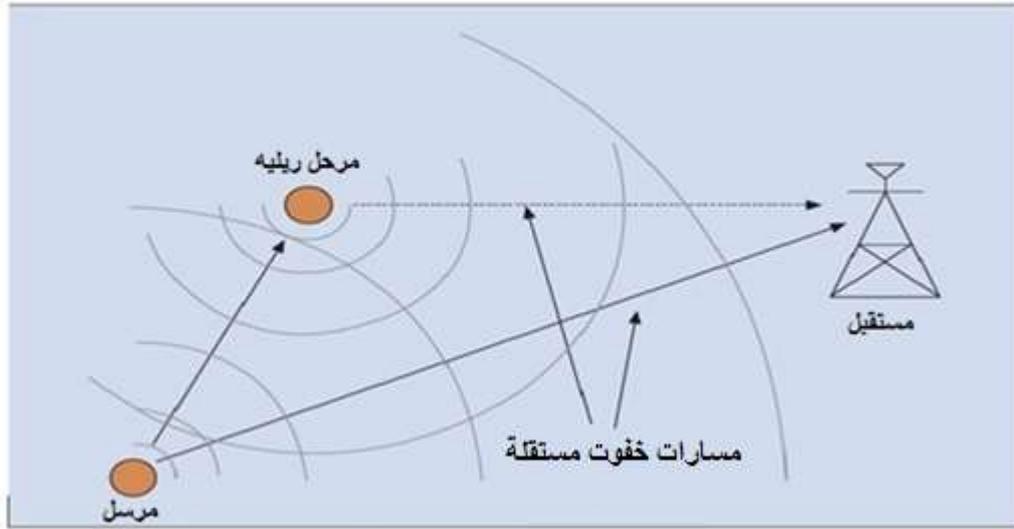
- دراسة الأبحاث حول تقنية متعدد المداخل متعدد المخارج MIMO ومبدأ الاتصالات التعاونية و أهم بروتوكولاتها
- دراسة بروتوكولات الاتصالات التعاونية محاسن ومساوئ كل منها .

- استخدام برنامج MATLAB لإجراء محاكاة عملية لأنظمة الاتصالات اللاسلكية التقليدية ، متعدد المداخل متعدد المخارج ، و أنظمة الاتصالات التعاونية وإجراء مقارنة من حيث معدل الخطأ و سعة القناة ومقدار التحسين بين الأنظمة المذكورة.

- استخدام محاكي الشبكات NS-3 لمحاكاة شبكة LTE-EPC (Enhanced Packet Core) ودراسة معدل النقل لبروتوكول تضخيم وإلى الأمام ومقارنته مع معدل النقل في كل من تقنية MIMO و SISO .

1. الاتصالات التعاونية :

تعتمد الفكرة الأساسية للاتصالات التعاونية على إنشاء أنظمة MIMO افتراضية حيث يستفاد من مزايا التوزيع المكاني للهوائيات وتوظف لتشكيل مشاركة / تعاون في تنفيذ اتصال لاسلكي [8,10,11]. وبذلك يتكون أي نظام اتصال تعاوني بأبسط أشكاله من مرسل ومستقبل وعقدة تعاون والتي تسمى بالمرحل Relay. يبين الشكل (2) رسماً توضيحياً لمبدأ الاتصالات التعاونية بمرحلة ترحيل واحدة .



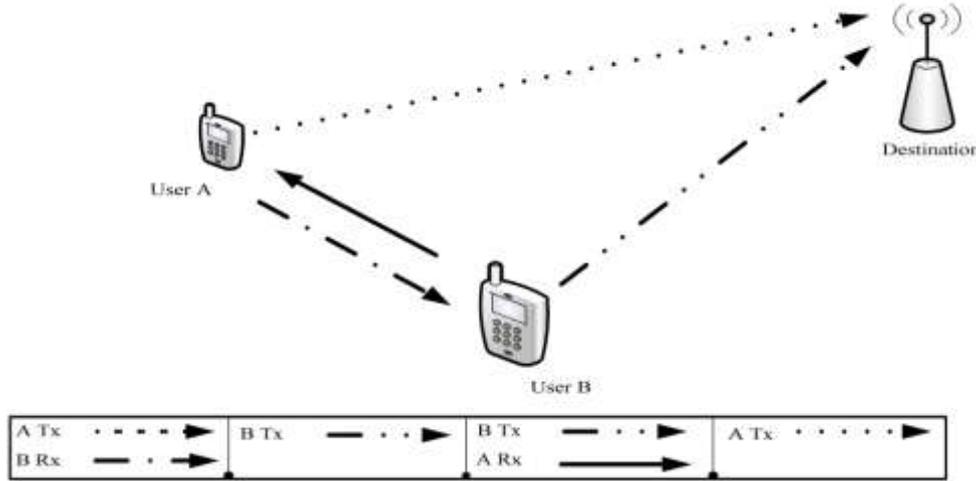
الشكل (2) شكل توضيحي لمبدأ الاتصال التعاونية (الباحث)

تتضمن أنظمة الاتصالات التعاونية مرحلتي إرسال:

مرحلة I: مرحلة تنسيق حيث يتبادل فيها المستخدمون منابع المعطيات الخاصة بهم ورسائل التحكم مع بعضهم البعض ومع الوجهة (المستقبل)

مرحلة II: مرحلة تعاون بعيد المستخدمون في هذه المرحلة ويشكل تعاوني إرسال رسائلهم إلى الوجهة. يتكون نظام الاتصال التعاوني من مستخدمين اثنين على الأقل كمنابع معلومات، يعمل أحد المستخدمين كمنبع أساسي للمعلومات ، بينما يقوم المستخدم الآخر بدور عقدة تتابع (مرحل) أي كمنبع لنفس المعلومات ولكن بوضعية الترحيل فقط وكلا المستخدمين يمكن أن يتبادلا الأدوار كمنبع أساسي أو مرحل في لحظات زمنية مختلفة. يحاول المستخدم كشف البتات الخاصة بالمتعاون معه (المنبع الأصلي) ثم يقوم بإعادة إرسالها، و بتحديد المتعاونين بوساطة المحطة القاعدية أو باستخدام تقنيات أخرى، يعد تحديد المتعاون الذي سيقوم بنقل المعطيات موضوعاً واسعاً وهو أوسع من المواضيع التي ستمت تغطيتها في هذا البحث .

يوضح الشكل (3) رسماً توضيحياً لمسارات تبادل المعلومات (إرسال واستقبال) في نظام اتصال تعاوني بين جهازين خلويين، كل جهاز يملك هوائي واحد (إرسال، استقبال) ولايستطيع توليد التوزيع المكاني بمفرده ولكن عند استخدام تقنيات الاتصالات التعاونية يمكن للجهاز A (المصدر) إرسال نسخة إضافية إلى الجهاز B (المرحل) الذي بدوره يقوم بإعادة إرسال البيانات إلى المحطة القاعدية والتي تشكل فيما بينها بيئة MIMO افتراضية Virtual MIMO.



الشكل (3): رسم توضيحي لمسارات تبادل المعلومات في نظام اتصال تعاوني بين جهازين خلويين

تستقبل المحطة القاعدية نسختين من الإشارة بمسارين منفصلين، الأولى من المصدر A والثانية من المرسل B ويكلمات أخرى، في نظام الاتصال التعاوني، كل مستخدم للشبكة يرسل البيانات الخاصة به ويعمل بنفس الوقت كمرحل (يرسل معطيات مستخدم آخر) يؤدي ذلك إلى الاستفادة من مزايا التوزيع المكاني بدون استخدام أكثر من هوائي واحد عند الإرسال.

2. بروتوكولات الاتصالات التعاونية:

تقسم بروتوكولات الاتصالات التعاونية إلى ثلاثة أنواع حسب نوع المعالجة (تضخيم و تعديل و ترميز) في المرسل وكيفية تمرير البيانات إلى المستقبل.

2.1 تضخيم وإمرار (AAF): Amplify And Forward

في العام 2000 اقترح لينمان Laneman وآخرون [10] طريقة تضخيم وإمرار وهي طريقة بسيطة للتعاون الشكل (4)، حيث يتلقى كل مستخدم نسخة مضججة من الإشارة المرسل من قبل المتعاون معه في الاتصال، يضخمها بريح ويعيد إرسالها إلى المحطة الرئيسية.

تنتقل المحطة الرئيسية نسختين من الإشارة (الأساسية والمضخمة) ويتم الجمع بينهما بهدف تحسين الكشف في الاستقبال، بالرغم أن الضجيج قد جرى تضخيمه بمسار التعاون فإن المحطة القاعدية تستقبل نسختين مستقلتين من الإشارة كل منهما خاضعة لخفوت وتشوهات مختلفة عن الأخرى وبهذا تستطيع تحسين عملية الكشف. بافتراض أن مواصفات القناة يمكن تقديرها تعطى الإشارة المستقبلية عند عقدة المتتابع بالعلاقة التالية :

$$y_r(f) = h_{sr}(f) \cdot x_s(f) + z_{sr}(f) \quad (1)$$

ومنه فإن استطاعة الإشارة المستقبلية y_r عند عقدة المرسل تعطى بالعلاقة (2)

$$E[|y_r^2|] = E[|h_{sr} \cdot x_s + z_{sr}|^2]$$

$$\begin{aligned}
&= E \left[|h_{s,r}|^2 \right] E[|x_s|^2] + 2E[h_{s,r} \cdot x_s z_{s,r}] + E \left[|z_{s,r}|^2 \right] \\
&= |h_{s,r}|^2 \xi + 2\sigma_{s,r}^2 \quad (2)
\end{aligned}$$

حيث:

$$E[z_{s,r} \cdot h_{s,r} \cdot x_s] = E[h_{s,r} \cdot x_s] E[z_{s,r}] = E[h_{s,r} \cdot x_s] \cdot 0 = 0 \quad (3)$$

كون الضجيج مستقل عن الإشارة وبمتوسط معدوم.

وفيها تمثل

. Source المرسل s

. Relay (المرحل) r

. $\xi = E[|x_s|^2]$: استطاعة الإشارة المرسلة .

. $2\sigma_{s,r}^2 = E[|z_{s,r}|^2]$: استطاعة الضجيج الكلي بين المرسل وعقدة التابع .

. $h_{r,d}$: تابع الاستجابة النبضية لقناة الخفوت بين عقدة التابع والهدف .

. $h_{s,r}$: تابع الاستجابة النبضية لقناة الخفوت بين المنبع وعقدة التابع .

. $z_{s,r}$: الضجيج الموجود في القناة بين المرسل وعقدة التابع .

β حتى تكون الاستطاعة المرسلة من المرسل مساوية للاستطاعة المرسلة من المنبع فإن المرسل يقدم الربح

المعطى بالعلاقة (4)

$$\beta = \sqrt{\frac{\xi}{|h_{s,r}|^2 \xi + 2\sigma_{s,r}^2}} \quad (4)$$

β وبافتراض أن القناة ذات مواصفات متغيرة فإنه يجب تقديرها كل فترة من الزمن ومن ثم فإن ربح التضخيم

في العلاقة (4) يحسب عند كل تقدير للقناة.

تعطى الإشارة المستقبلية من المرسل إلى الوجهة بالعلاقة (5)

$$y_{r,d} = h_{r,d} x_r + z_{r,d} = h_{r,d} \beta (h_{s,r} x_s + z_{s,r}) + z_{r,d} \quad (5)$$

وفيها تمثل :

β : معامل التضخيم

. $h_{r,d}$: تابع الاستجابة النبضية لقناة الخفوت بين عقدة التابع والهدف

. $h_{s,r}$: تابع الاستجابة النبضية لقناة الخفوت بين المنبع وعقدة التابع

. $z_{s,r}$: الضجيج الموجود في القناة بين المرسل وعقدة التابع

. $z_{r,d}$: الضجيج الموجود في القناة بين عقدة التابع والهدف

وبذلك تعطى الاستطاعة المستقبلية بالعلاقة (6)

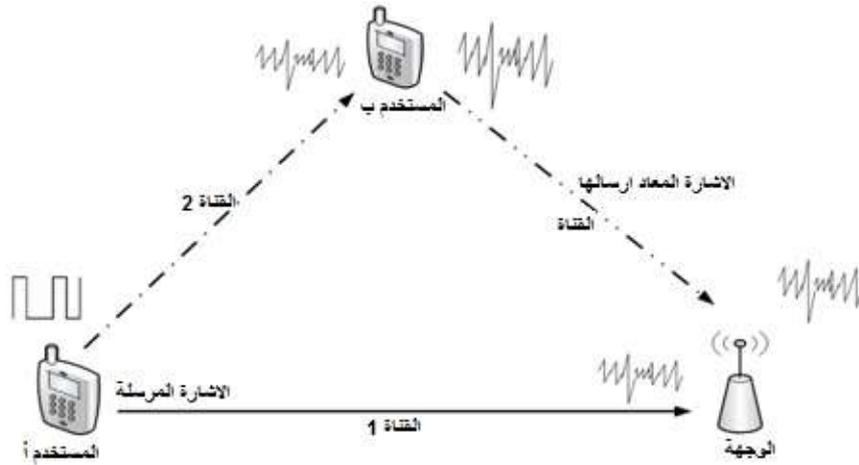
$$E[|y_{r,d}|^2] = \beta^2 |h_{r,d}|^2 (|h_{s,r}|^2 \xi + 2\sigma_{s,r}^2) + 2\sigma_{r,d}^2 \quad (6)$$

ويمكن تقدير نسبة استطاعة الإشارة إلى استطاعة الضجيج SNR لوصلة تتابع واحدة اعتماداً على

العلاقة (7)

$$SNR = \frac{\beta^2 |h_{s,r}|^2 |h_{r,d}|^2 \xi}{\beta^2 |h_{r,d}|^2 2\sigma_{s,r}^2 + 2\sigma_{r,d}^2} \quad (7)$$

تعدّ طريقة التضخيم والإمرار طريقة بسيطة في تحقيق الاتصال التعاوني .

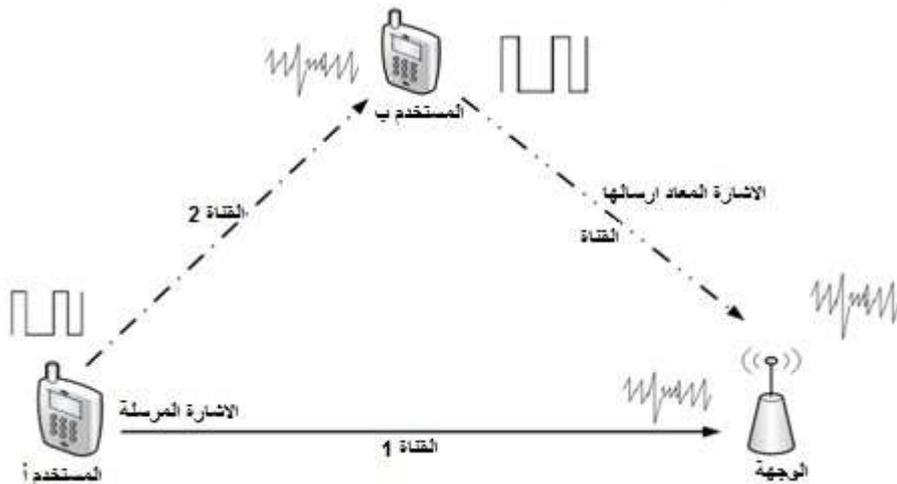


الشكل(4): رسم توضيحي لطريقة تضخيم وإمرار (الباحث)

2.2 فك ترميز وإمرار (DAF) Decode And Forward

في العام 2002 اقترح هنتر Hunter وآخرون [10,11] هذه الإستراتيجية حيث تقوم محطة المتتابع بفك ترميز الإشارة المستقبلية من عقدة المنبع، ومن ثم تعيد ترميزها وإرسالها إلى المحطة الوجهة، وهي غالباً الطريقة الأكثر تفضيلاً لمعالجة المعطيات في عقدة المتتابع (المرحل) بما أنه ليس هناك أي ضجيج مضخم في إرسال الإشارة كما في بروتوكول تضخيم وإمرار.

يمكن فك ترميز الإشارات من قبل عقدة التعاون (المرحل) وهذا يستهلك زمن حساب في وحدة المعالجة المركزية، يبين الشكل (5) رسماً توضيحياً لهذا البروتوكول، تتم الاستفادة في هذا البروتوكول من رماز كشف وتصحيح الخطأ في المنبع الذي يجعل من الممكن تصحيح خطأ البتات المستقبلية في محطة المتتابع، تتميز هذه الطريقة بالبساطة والتكيف مع تغيرات القناة ، لكن الكشف الذي يقوم به الشريك قد يكون غير ناجح ، عندها يصبح التعاون عائقاً في الكشف النهائي للبتات من قبل المحطة الوجهة ويجب على المحطة الوجهة توقع سلوك الأخطاء للقناة بين المستخدمين. لحل هذه المشكلة يستخدم أسلوب هجين للكشف والتمرير بحيث عندما تكون القناة تملك نسبة SNR عالية يقوم المستخدم بكشف وتمرير المعطيات الخاصة بشريكه، أما عندما تكون SNR في القناة منخفضة يعود المستخدمون للنمط غير التعاوني .



الشكل (5): رسم توضيحي لطريقة فك ترميز وإمرار (الباحث)

يتطلب حساب SNR باستخدام فك الترميز والإمرار DAF أولاً حساب BER ثم لاحقاً تحويلها إلى SNR المكافئة.

يعطى BER من أجل وصلة تتابع واحدة بالعلاقة (8).

$$BER_{s,r,d} = BER_{s,r}(1 - BER_{r,d}) + (1 - BER_{s,r})BER_{r,d} \quad (8)$$

من أجل إشارة ذات خفوت معدلة وفق BPSK، تعطى قيمة SNR بالعلاقة (9).

$$SNR = \frac{1}{2}[Q^{-1}(BER)]^2 \quad (9)$$

ومن أجل إشارة معدلة وفق QPSK، تعطى قيمة SNR بالعلاقة (10).

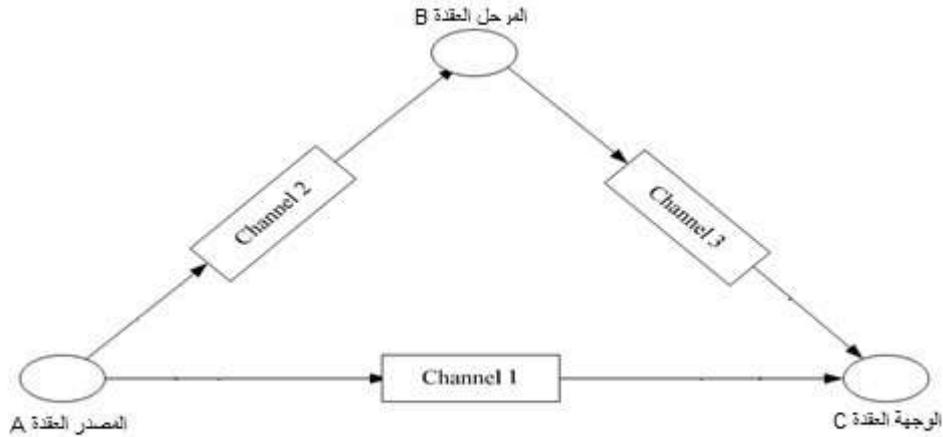
$$SNR = [Q^{-1}(BER)]^2 \quad (10)$$

2.3 كشف وإمرار (DTF) Detect And Forward :

يتم في هذه الحالة تعديل/كشف الإشارة من قبل عقدة التابع وإرسالها إلى الوجهة ولكن إشارة القناة المرمزة لا يتم فك ترميزها في عقدة التابع، تتميز بزمن معالجة منخفض مقارنة بفك الترميز والتمرير، ويمكن حساب SNR بنفس العلاقات السابقة.

3. نمذجة الاتصالات التعاونية :

يبين الشكل (6) نموذج الاتصال من المنبع إلى الهدف في أنظمة الاتصالات التعاونية.



الشكل (6) نموذج الارسال في أنظمة الاتصالات التعاونية

تسلك المعطيات المرسله من المنبع A إلى الوجهة C مسارين:

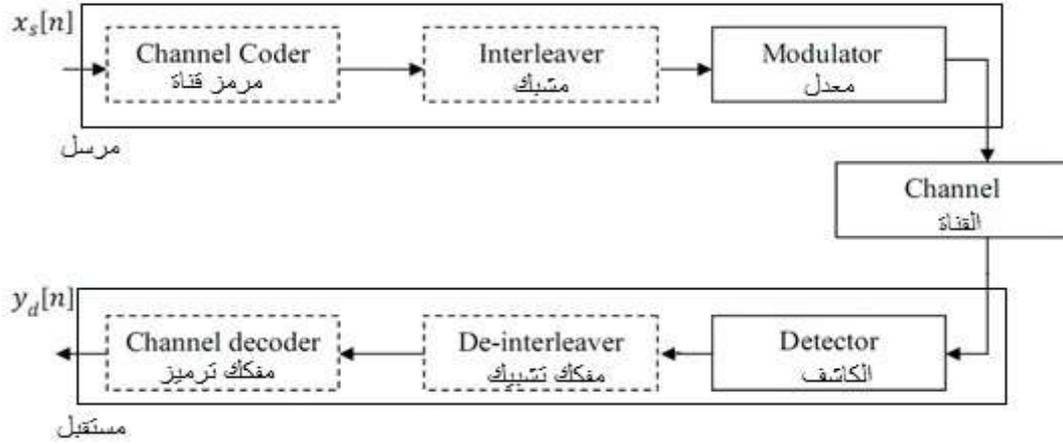
- المسار الأول: مباشر من A إلى C عبر القناة Channel 1
- المسار الثاني عبر عقدة التابع B حيث تمر عبر القناتين Channel 2, Channel 3 لتصل بعدها إلى العقدة الهدف C.

3.1 نموذج الاتصال التقليدي :

يبين الشكل (7) مخططاً صندوقياً لنظام اتصالات تقليدي، يتألف من المكونات الآتية:

- مرمز قناة: يقوم بترميز الحزم المستقبلية وإعادة إرسالها.

- مشبّك Interleaver: يساعد في التخلص من ضجيج القناة الرشيقي Burst.
- معدل Modulator: يعدل رموز الحزم المرّمزة.
- القناة: تمثل الوسط بين المرسل والمستقبل، والذي عبره يتم نقل الإشارات.
- مفكك تعديل: يفكك تعديل الحزم الواردة ويرسلها إلى مفكك التشبيك de-interleaver.
- مفكك تشبيك De-interleaver: يعيد ترتيب المعطيات بالتسلسل الأصلي.
- مفكك ترميز: يفكك ترميز الإشارة المستقبلية ويعيد إرسالها إلى الوجهة النهائية.



الشكل (7): مخطط صندوقي لنظام اتصالات تقليدي (الباحث)

3.2 نموذج القناة من المصدر إلى الوجهة :

بفرض وجود منبع معطيات s يولد المعطيات $x_s[n]$ ، وترسل هذه المعطيات إلى الهدف d . تعطى الإشارة المستقبلية بالعلاقة (11):

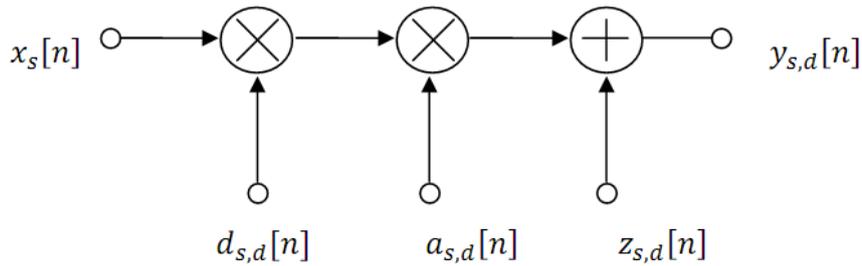
$$y_d[n] = h_{s,d}[n] \times x_s[n] + z_{s,d}[n] = d_{s,d}[n] \times a_{s,d}[n] \times x_s[n] + z_{s,d}[n]$$

وفيهما تمثل :

$d_{s,d}[n]$: فقد الاستطاعة الناتج عن المسار

$a_{s,d}[n]$: الخفوت

$z_{s,d}[n]$: الضجيج الجمعي



الشكل (8): مخطط المعالجة في نموذج القناة مصدر - وجهة

3.3 نموذج المستقبل:

يقوم المستقبل بكشف الإشارة المستقبلية رمز تلو الآخر، في حالة إشارة معدلة تعديل رقمي بإزاحة الطور الثنائي BPSK، يُكشف الرمز وفق العلاقة (12):

$$\hat{y}_d[n] = \begin{cases} +1 & (\text{Re}\{y_d[n]\} \geq 0) \\ -1 & (\text{Re}\{y_d[n]\} < 0) \end{cases} \quad (12)$$

من إشارة معدلة تعديل QPSK هناك بتان يتم نقلهما في الرمز، والتي يتم الكشف وفق العلاقة (13):

$$\hat{y}_d[n] = \begin{cases} [+1, +1] & (0^\circ \leq y_d[n] < 90^\circ) \\ [-1, +1] & (90^\circ \leq y_d[n] < 180^\circ) \\ [+1, -1] & (-90^\circ \leq y_d[n] < 0^\circ) \\ [-1, -1] & (-180^\circ \leq y_d[n] < -90^\circ) \end{cases} \quad (13)$$

3.4 نمذجة القناة لنظام اتصال تعاوني :

كما رأينا فإنه توجد عدة بروتوكولات مستخدمة في أنظمة الاتصالات التعاونية، كذلك فإنه توجد عدة طرائق في استقبال الإشارة، ونمذجة القناة تعتمد بشكل مباشر على البروتوكول التعاوني وعلى طريقة الاستقبال المستخدمة، فيما يلي عرض لبعض طرائق الاستقبال ونموذج القناة، نقصد بنموذج القناة بالنموذج للمسار عبر عقدة التابع.

3.4.1 تجميع نسبة إشارة إلى ضجيج (SNRC) Signal to Noise Ratio Combining:

تعطى الإشارة المستقبلية الواردة من المصدر ومن عقد التابع بالعلاقة (14):

$$y_d[n] = \sum_{i=1}^k SNR_i \times y_{i,d}[n] \quad (14)$$

وتصبح العلاقة من الشكل المعطى بالعلاقة (15) في حالة عقدة تتابع واحدة:

$$y_d[n] = SNR_{s,d} \times y_{s,d}[n] + SNR_{s,r,d} \times y_{r,d}[n] \quad (15)$$

حيث $SNR_{s,d}$ تعرف SNR للوصلة المباشرة و $SNR_{s,r,d}$ تعرف SNR الوصلة عبر قناة التابع. نبيّن فيما يأتي آلية تقدير SNR الواجب استخدامها في هذه الطريقة من الاستقبال.

3.4.2 تجميع نسبة أعظمية (MRC) Maximum Ratio Combining:

في هذه الطريقة ، لا يحتاج المستقبل لمعرفة مواصفات القناة بشكل كامل، بل تقرب لخاصية القناة يكفي لتجميع الإشارات. وأيضاً يتطلب قدرة حساب أقل بكثير.

كما تحقق أفضل أداء بأخذ كل إشارة دخل وضربها بريح القناة الموافقة لها بافتراض أن إزاحة صفحة القنوات ونسب تخفيضها معروفة بالنسبة للمستقبل ويمكن التعبير عنها بالعلاقة (16):

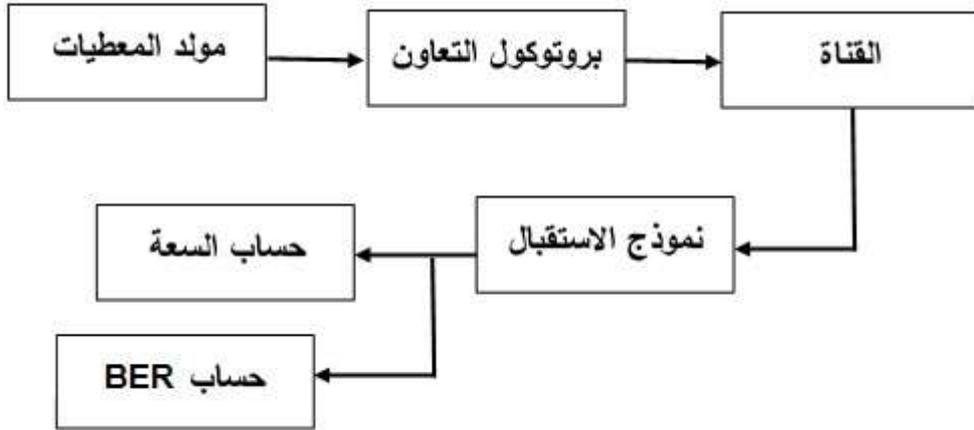
$$y_d[n] = \sum_{i=1}^k h_{i,d}^*[n] \cdot y_{i,d}[n] \quad (16)$$

ومن أجل سيناريو عقدة تتابع وحيدة، تعطى المعادلة بالعلاقة (17).

$$y_{r,d} = h_{s,d}^*[n] \cdot y_{s,d}[n] + h_{r,d}^*[n] \cdot y_{r,d}[n] \quad (17)$$

4. نموذج المحاكاة التجريبي باستخدام MATLAB لنظام تعاوني :

بيّن الشكل (9) النموذج المعتمد في إجراء المحاكاة.



الشكل(9):مخطط صندوقي لنموذج المحاكاة (الباحث)

التعديل المستخدم: التعديل الرقمي بإزاحة الطور الثنائي BPSK.

القناة: ضجيج أبيض غوسي جمعي بنسبة SNR ضمن المجال [0,20]dB.

خفوت رايلي Rayleigh Fading

عدد المرسلات: 1

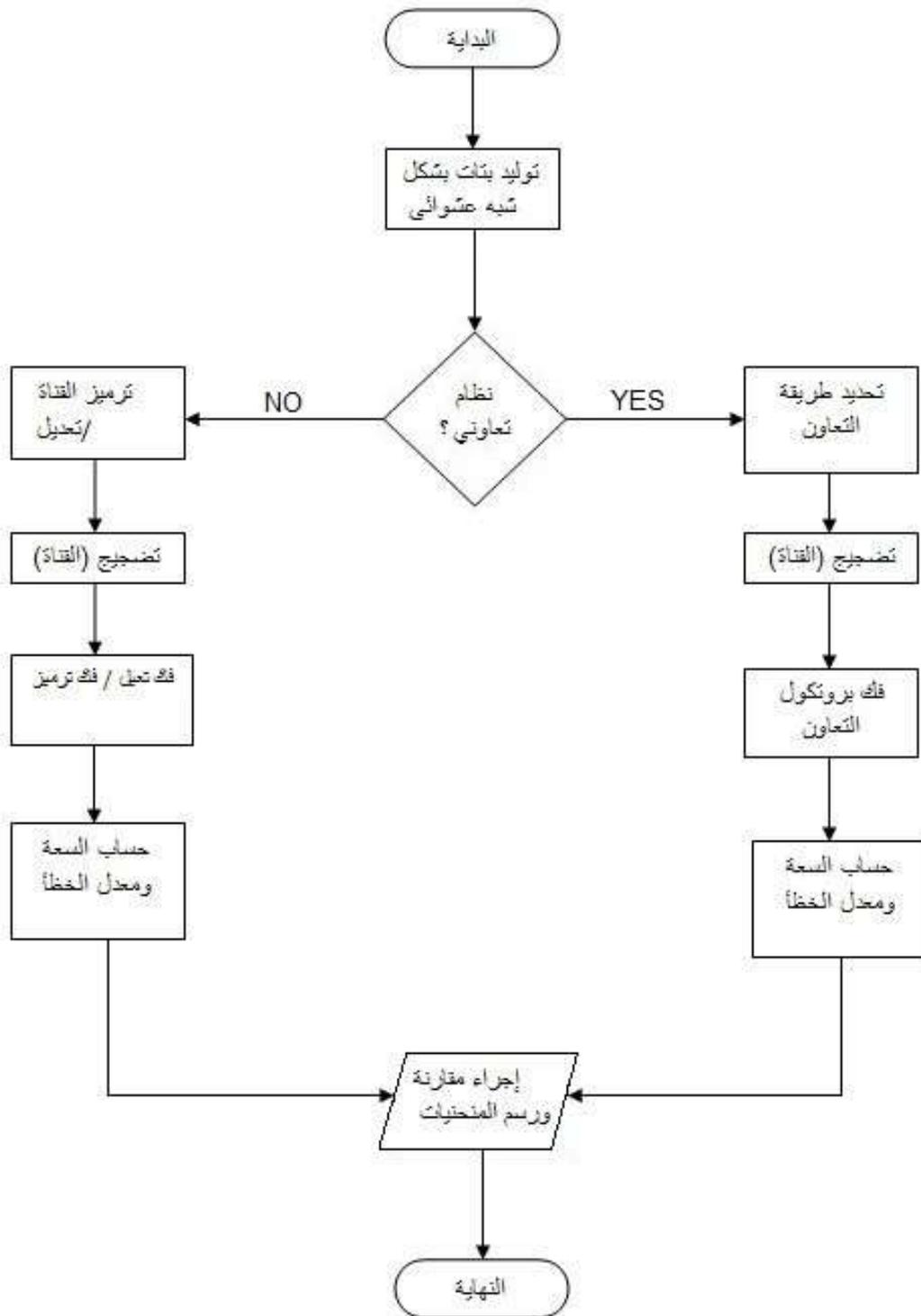
عدد المستقبالات: 1

ترميز كشف الخطأ وتصحيحه: ترميز طي Convolutional Code ، ترميز كتلي Block Code
جرى عدّ كل من معدل الاخطاء والسعة بارامترات أساسية للمقارنة بين بروتوكولات الاتصالات التعاونية

وانظمة MIMO

5. المخطط التدفقي لنموذج محاكاة دراسة سعة القناة:

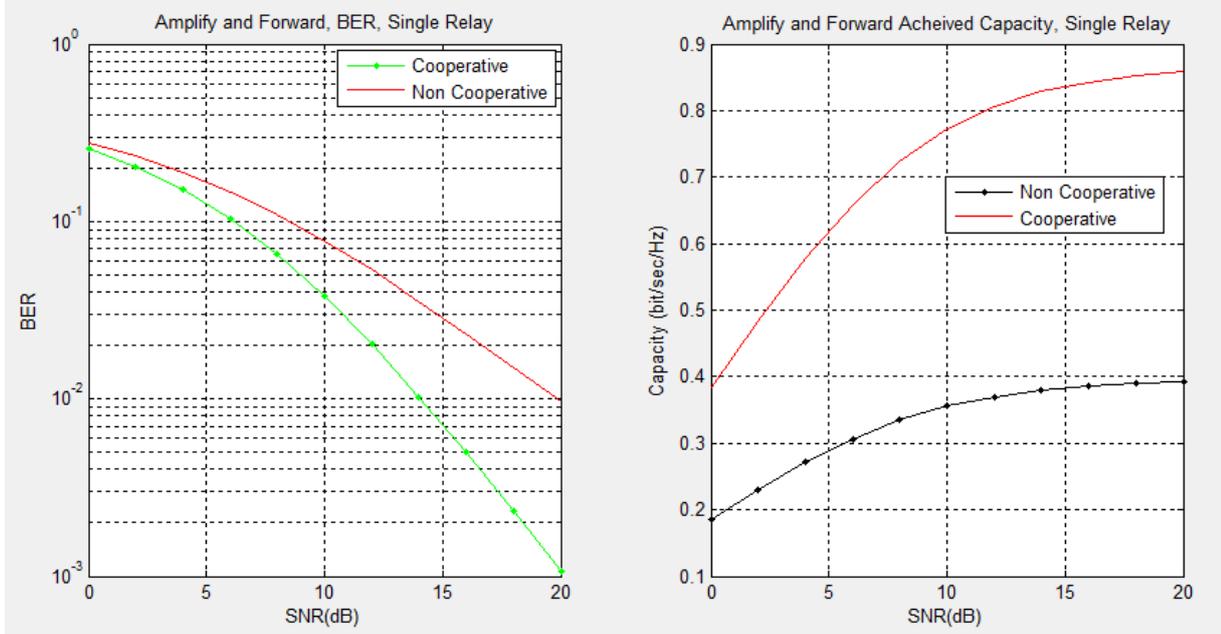
يبين الشكل (10) المخطط التدفقي لبرنامج محاكاة دراسة سعة القناة .



الشكل(10):مخطط صندوقي لنموذج المحاكاة (الباحث)

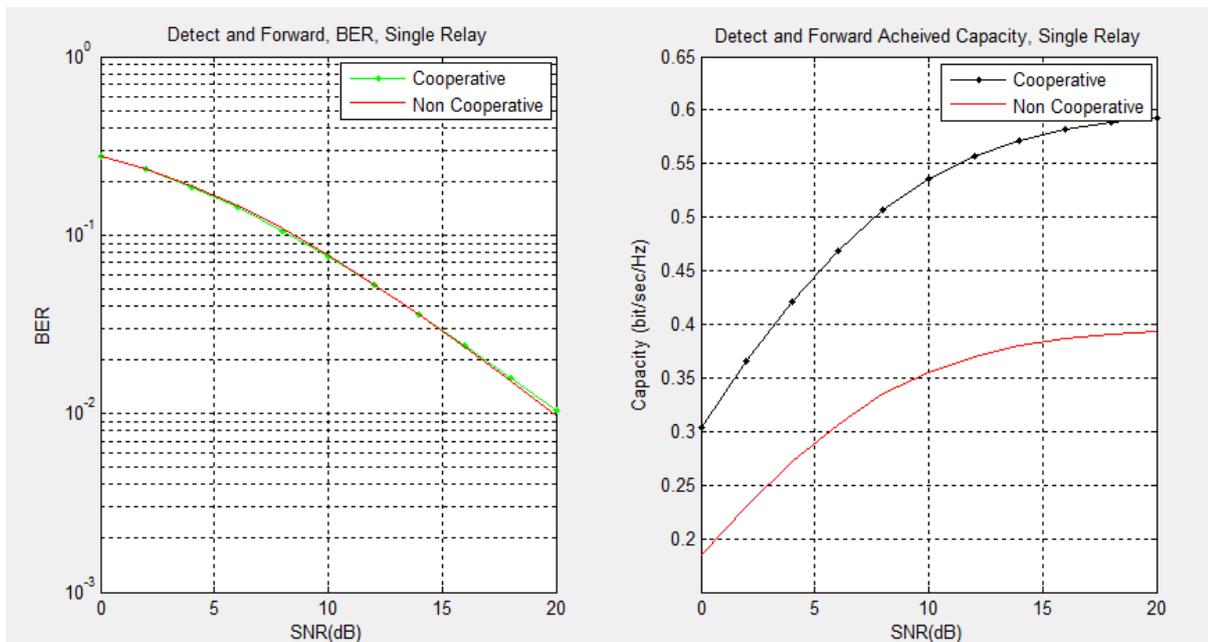
6. نتائج المحاكاة العملية باستخدام MATLAB:

يبين الشكل (11) نتيجة محاكاة طريقة " تضخيم وإمرار " من حيث معدل خطأ البت BER على اليسار ومن حيث السعة على اليمين .



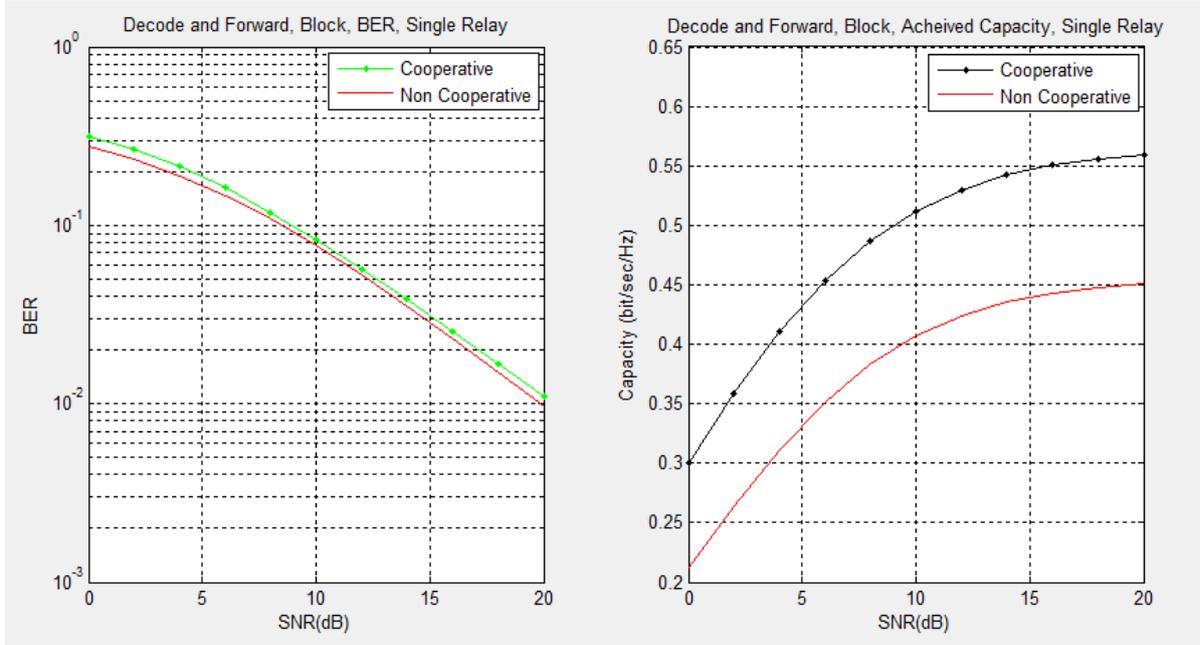
الشكل(11): محاكاة طريقة تضخيم وإمرار إلى الأمام (الباحث)

يبين الشكل (12) نتيجة محاكاة طريقة " كشف وإمرار " من حيث معدل خطأ البت BER على اليسار ومن حيث السعة على اليمين .



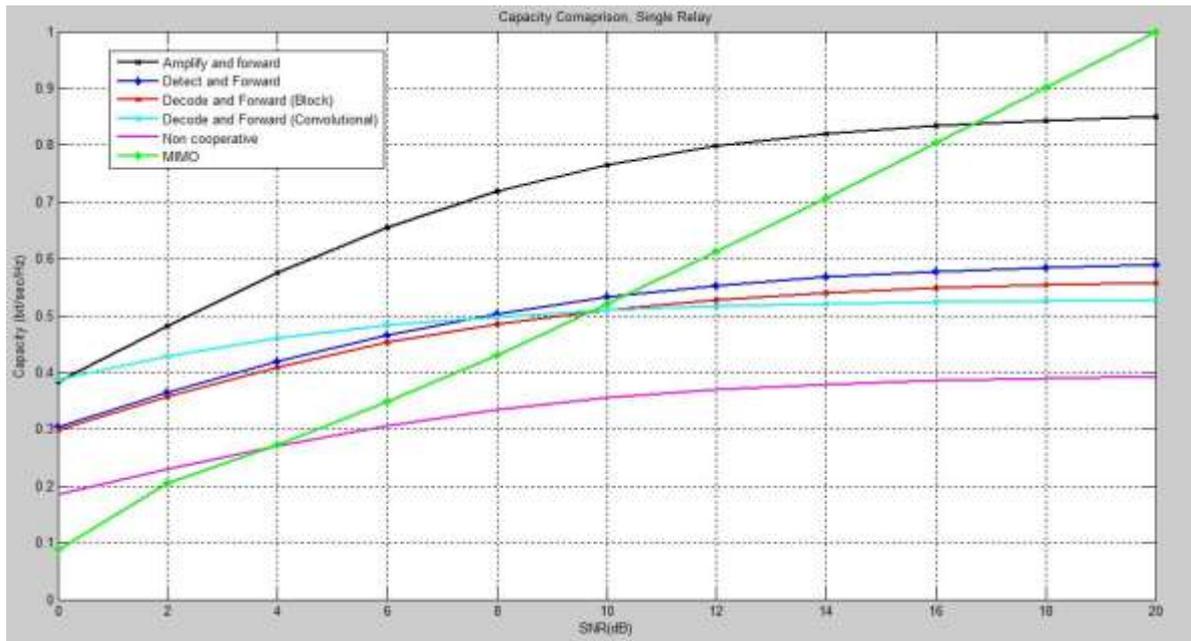
الشكل(12): محاكاة طريقة كشف وإمرار إلى الأمام (الباحث)

يبين الشكل (13) نتيجة محاكاة طريقة " فك ترميز وإمرار " من حيث معدل خطأ البيت BER على اليسار ومن حيث السعة على اليمين .



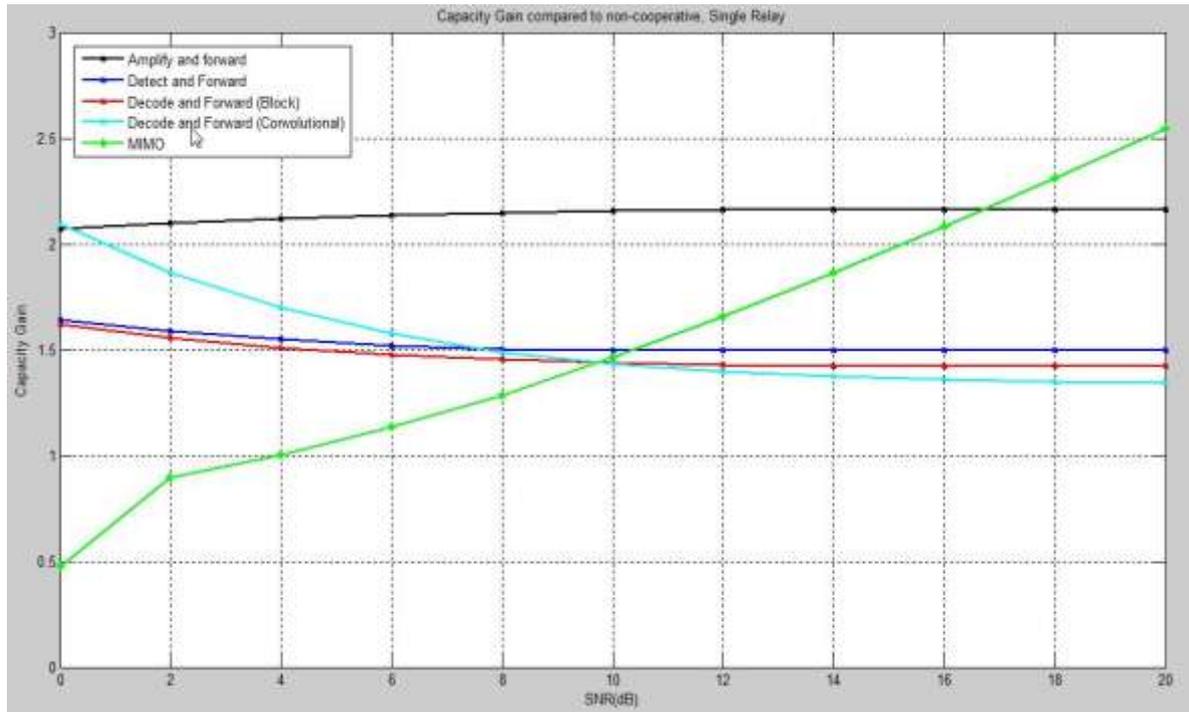
الشكل(11): محاكاة بروتوكول فك ترميز وإلى الأمام (الباحث)

يبين الشكل (14) مقارنة بين البروتوكولات الثلاثة وأنظمة MIMO وأنظمة SISO.



الشكل(14): رسم بياني يوضح مقارنة الطرائق الثلاث (الباحث)

يبين الشكل (15) مقارنة بين أنظمة الاتصالات التعاونية وأنظمة MIMO من حيث مقدار تحسين السعة المكتسب مقارنة بأنظمة الاتصالات التقليدية SISO.



الشكل (15): رسم بياني لمقارنة الربح في سعة القناة (الباحث)

10. المحاكاة باستخدام محاكي الشبكات NS-3:

أجريت محاكاة لبروتوكول تضخيم وإمرار بواسطة محاكي الشبكات NS-3 وتنفيذه على أنظمة LTE-EPC، وتم إجراء المحاكاة لأزمنة مختلفة ولأعداد مستخدمين مختلفة وفيما يلي عرض لمعاملات المحاكاة ولنتائج المحاكاة والتي تشمل معدل النقل الذي جرى تحقيقه،

عدد الخلايا: 4

توجيهية الهوائي: 120

المسافة بين الخلايا: 500 متر

سرعة المستخدمين: 1 متر بالثانية

النتائج موضحة بالجدول (1).

الجدول (1): مقارنة بين نتائج معدلات النقل التي جرى تحقيقها لكل مستخدم في كل حالة محاكاة (الباحث)

مستخدم	20 مستخدم	10 مستخدمين	5 مستخدمين	نظام
8.4	16.8	33.7	SISO	
13.6	27.2	54.4	نظام اتصال تعاوني	
13.9	27.8	55.7	نظام MIMO	

نشير إلى أن الأرقام المعروضة في الجدول (1) هي متوسط معدل النقل بالميجا بايت / ثا الذي حصل عليه كل مستخدم خلال زمن المحاكاة، حيث تم إجراء المحاكاة من أجل ثلاث أزمنة مختلفة وهي 5 ثانية، 10 ثانية و 50 ثانية.

يتبين من الجدول (1) اقتراب أداء أنظمة الاتصالات التعاونية من أداء أنظمة MMO من ناحية معدل النقل، وكلاهما يتفوق على أنظمة الاتصالات التقليدية بما يقارب 160% .

الاستنتاجات والتوصيات :

يتبين من الأشكال (11، 12، 13) التحسن الملحوظ في السعة عند استخدام أنظمة الاتصالات التعاونية مقارنة بأنظمة الاتصالات التقليدية SISO.

بدراسة الشكل (14) من الملاحظ أن أنظمة الاتصالات التعاونية تعطي ربحاً ثابتاً تقريباً في حين أن أنظمة MIMO تكون ذات ربح خطي مقارنة بأنظمة الاتصالات التقليدية .

يكون بروتوكول تضخيم وإمرار أفضل البروتوكولات التعاونية، وهذا ناتج عن كون هذا البروتوكول لا يضيف أي بتات إلى بتات المعلومات كما في بروتوكول فك ترميز وإمرار، كما أنه لا يقوم بفك تعديل الإشارة المستقبلية كما في بروتوكول كشف وإمرار .

بدراسة الشكل (15) أيضاً أن بروتوكولي كشف وإمرار وفك ترميز وإمرار متقاربين في ربح السعة مع تفوق صغير لبروتوكول فك ترميز وإمرار .

تتفوق أنظمة الاتصالات التعاونية على أنظمة MIMO من أجل قيم SNR منخفضة، حيث تتم الاستفادة من عمليات التضخيم أو إعادة تشكيل الإشارة أو فك الترميز .

اقتراب أداء أنظمة الاتصالات التعاونية من أداء أنظمة MMO من ناحية معدل النقل، وكلاهما يتفوق على أنظمة الاتصالات التقليدية بما يقارب 160% .

قدمت هذه المقالة لموضوع دراسة سعة قنوات أنظمة الاتصالات التعاونية ومحاكاتها بوساطة الماتلاب ومحاكي الشبكات NS-3، كما بينت مقدار الربح في السعة مقارنة بأنظمة الاتصالات التقليدية SISO . حيث كان الربح يقارب 160% ومقارنة في الربح بين أنظمة الاتصالات التعاونية وأنظمة MIMO.

يمكن تطوير هذه الدراسة لتشمل بروتوكولات جديدة مثل كشف وإمرار انتقائي، كما يمكن ان تشمل أيضاً ترميز كشف خطأ وتصحيحه متقدمة مثل الرموز الفردية منخفضة الكثافة LDPC وغيرها.

المراجع :

- [1] NIMAY CH. GIRI¹؛ ANWESHA SAHOO²؛ J. R. SWAIN³؛ P. KUMAR⁴؛ A. NAYAK⁵؛ P. DEBOGOSWAMI⁶ ؛ *Capacity & Performance Comparison of SISO and MIMO System for Next Generation Network (NGN) I*Lecturer, Department of ECE, 2,3,4,5,6B.Tech Scholar, Centurion University of Technology and Management,
- [2] NIMAY CH. GIRI ؛ RUPANITA DAS AND SK MOHAMMED ALI؛ *“BER Analysis And Performance Of MIMO-OFDM System Using BPSK Modulation Scheme For Next Generation Communication Systems,”* (IJESRT), Vol. 3, Issue 3, 2014, 1622-1629.

- [3] SENGAR,K. RANI, N. “*Study and Capacity Evaluation of SISO, MISO and MIMO RF Wireless Communication Systems,*” IJETT, Vol. 9, No. 9, 2014.
- [4] SABITA GAUNI, KUMAR RAMAMOORTHY, “*Analysis of Reduction in Complexity of MIMO-OFDM Systems with Frequency Offset Estimation and correction,*” Journal of Computer Science (JCS), Vol. 10, No.2, 2014, 198-209.
- [5] SAINI,G. MEGHWAL,S. “*Capacity Improvement in Multi-User MIMO System using Dirty Paper Coding,*” IJRITCC, Vol.2, Issue-2, 2014.
- [6] KRITIKA SENGAR1 ,NISHU RANI1, ANKITA SINGHAL1 , DOLLY SHARMA2 , SEEMA VERMA1, TANYA SINGH2,BANASTHALI , *Study and Capacity Evaluation of SISO, MISO and MIMO RF Wireless Communication Systems.* International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) – Volume 9 Number 9 - Mar 2014 , ISSN: 2231-5381
<http://www.ijettjournal.org> Page 436. University, Newai, India Amity Institute of Information and Technology University, Noida, India
- [7]BRUNO CLERCKX AND CLAUDE OESTGES, “*MIMO Wireless Networks: Channels, Techniques and Standards for Multi-Antenna, Multi-User and Multi-Cell Systems*” Academic Press (Elsevier), Oxford, UK, Jan 2013.
- [8] ERIK DAHLMAN, STEFAN PARKVALL, AND JOHAN SKÖLD, “*4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband*”, Academic Press (Elsevier), 2011.
- [9] Q. LI, G. LI, W. LEE, M. LEE, D. MAZZARESE ,B. CLERCKX, AND Z. LI. “*MIMO, techniques in WiMAX and LTE: A feature overview.* IEEE Commun. Mag., 48(5):86–92, 2010.
- [10] MISCHA DOHLER CTTC, SPAIN YONGHUI LI , “*Cooperative Communications Hardware, Channel & Phy*” The University of Sydney, Australia A John Wiley and Sons, Ltd., Publication This edition first published 2010
- [11] HUNTER, T. E. ; NOSRATINIA, A. “*Diversity through Coded Cooperation,*” submitted to *IEEE Trans. Wireless Commun.*, 2004.