مجلة العلوم البحتة والتطبيقية
Journal of Pure & Applied Sciences
www.Suj.sebhau.edu.ly ISSN 2521-9200
Received 25/04/2020 Revised 12/04/2020 Published online 05/10/2020

تقييم أداء نظام اتصالات عبر مرحل متعدد المداخل والمخارج باستخدام تقنية OFDM

*محمد نوري حسين[1] و على عبدالرحمن عكاشة[2] و محمد عمر بابانة[2]
[1]قسم الطاقات المتجددة–كلية هندسة الطاقة والتعدين– جامعة سبها، ليبيا
[2]قسم الهندسة الكهربائية والالكترونية–كلية العلوم الهندسية والتقنية–جامعة سبها، ليبيا
*للمراسلة moh.emhamed@suj.sebhau.edu.ly

الملخص نهتم في هذه الورقة بدراسة وتقييم الاداء لنظام اتصالات لاسلكى عبر مرحل بعيد المدى متعدد هوائيات المداخل والمخارج (MIMO Relaying) ، باستخدام تقنية الارسال المتعدد المتعامد (OFDM) حيث عناصر منظومة الاتصالات عبارة عن مرسل ومرحل ومستقبل ، ويستخدم المرحل كوسيط مهمته التقاط الاشارة المرسلة واعادة ارسالها مرة اخرى عن طريق بروتوكول تضخيم الاشارة فى الاتجاه الامامى (Amplify and forward) مما يؤدى الى تحسين أداء الوصلات اللاسلكية عندما لايتوفر خط النظر المباشر (Line of sight) بين المصدر والوجهة النهائية. ويتكون النظام من مراحل الارسال عبر القناة اللاسلكية عريضة النطاق الترددى و المزدوجة اى تنائية القفز (dual hop) . وتعتمد معالجة الاشارة على توافر معلومات مسبقة تامة عن حالة القناة بين المرسل والمرحل من جهة وبين المرحل والمستقبل من جهة اخرى ، حيث تستخدم معاملات القناة فى حساب التضخيم عند المرحل وفى كاشف الاشارة. من خلال مقارنة النتائج المتحصل عليها في حالة ما كان الاداء متاليا تبت فاعلية استحدام تعدد الهوائيات في زيادة سعة القناة وجودة الاتصال ، وفى حالة توافر معلومات مسبقة غير تامة ، اى وبفرض وجود اخطاء فى تخمين القناة تمت دراسة الاداء وعرض النتائج حيث تتاثر جودة الاتصال بشكل ملحوظ.

الكلمات المفتاحية: قناة لاسلكية عريضة النطاق ، مرحل (Relay) ، الارسال المتعدد المتعامد (OFDM) ، تعدد المداخل والمخارج (MIMO).

Performance of MIMO Relay Communication System based on OFDM

*M Nuri Hussin [a], A A Ukasha[b], M O Babana[b]
[a]Renwable Energy, Energy and Mining/University ofSebha, Libya
[b]Department of Electrical and Electronic Engineering, College of Engineering and Technical Sciences, Sebha University, Libya
*Corresponding author: moh.emhamed@sebhau.edu.ly

Abstract In this paper, Performance for Multi Input Multi Out put (MIMO) dualhop non-regenerative (Amplify-and-Forward) (AF) system based on Orthgonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) under unperfect channel is evaluated. Communication system consistes of transmitter , relay and reciever. The relay can be used in AF to extend communication range where direct line of sight is unaviliable. Channel State Information CSI is assumed to be unperfectly known and Mean Squar Error (MSE) of channel estimation errors in the two hops are considered to evaluate the capacity of channel and quality of dualhop wireless link. Simulation results show comparing based on MSE of channel state information . It can be seen that the quality of communication is degraded because performances are depended on AF processing which need perfet CSI.

Keywords: Wireless Broadband Channel, Relay, (MIMO) Multi input Multi output.

المقدمة

المرحلات تستطيع ان تقدم الحلول الناجحة لمشاكل الوصلات اللاسلكية بعيدة المدى عندما لا يمكن تحقيق شرط توفر خط النظر المباشر بين وجهتى الارسال (Line of sight). بالاضافة الى الاستفادة من مميزات تقنية هوائيات المداخل والمخارج اللاسلكية المتعددة (MIMO) مثل زيادة سرعة البيانات وامتداد المدى لمسافة اكبر مع الحد من قدرة الارسال [1] .

عادة ما يستخدم نمط الارسال في اتجاه واحد (Half duplex) فى المر حلات الامر الى يلزم قناتين احدهما للارسال والاخرى للاستقبال ، وتصنف انظمة شبكات المرحلات حسب طريقة معالجة الاشارة فى المرحل الى قسمين : تضخيم وترحيل للاشارة في الاتجاه الامامى (Amplify and forward) و كشف معلومات الاشارة واعادة تضمينها تم ترحيلها فى الاتجاه الامامى (Decode and forward) و يوجد ايضا تصميم يخلط بين القسمين ويمتاز تضخيم وترحيل للاشارة في الاتجاه الامامى بانه الاقل تعقيد واستهلاك القدرة فيه محدود لكنه يعانى من تضخيم الضجيج المصاحب للاشارة فى المرحل [2,3] . بمقارنة اداء كل من البروتوكولات السابقة تبين انه متساوى عندما تكون نسبة الاشارة الى الضجيج عالية لكن يمتاز بروتوكول تضخيم وترحيل للاشارة في الاتجاه الامامى بانه اقل تعقيد

. [4]

اكتر البحوث تتناول قناة الخبو المسطح (frequency flat fading)، لكن في التطبيقات التي تحتاج سرعة بيانات عالية غالبا نفرض ان قناة الوصلة اللاسلكية تكون ذات نطاق ترددي عريض (Broadband channel) اي ان لها خاصية الانتقائية للتردد (Frequency selective) ، الامر الذى يؤدى الى تشويه البيانات ومن ضمن الحلول الشائعة الان لهذه المشكلة هو استخدام نظام تقسيم الارسال المتعامد (OFDM) الذى يحول القناة العريضة الى عدة قنوات ضيقة (Narrowband channel) اى قناة مسطحة تقريبا (flat channel) عند كل حاملة فرعية [5,6] .

تتطلب تطبيقات الاتصال اللاسلكي معدل نقل بيانات قد يصل إلى بضعة جيجابايت في الثانية ، وتعتبر تقنية (OFDM) واعدة ولكن تحتاج إلى تحسين فعالية الطيف [7] ، كما يمكن تحسين أداء الشبكة مع التركيز في الإنتاجية ، والحد من متوسط نسبة قدرة الذروة (PAPR) (Peak Average Power Ratio) وايضا ظهرت العديد من طرق النفاذ المتعدد والأشكال الموجية المرشحة للاستخدام في الطبقة الفيزيائية ضمن الأبحاث والجدير بالذكر انه يمكن استخدام طرق الوصول المتعدد غير المتعامدة NOMA) (Non-Orthogonal Multiple Access)) ضمن الوصلة الصاعدة للنظام [8] .

تعتمد تقنية معالجة الاشارة فى المرحل على مدى توفر معلومات عن حالة القناة (CSI) (Channel State Information) خلال كل مراحل النظام، ولتحقيق الاداء الامثل لنظام متعدد المداخل و المخارج (MIMO) يجب ان تؤدى طريقة المعالجة الى الحصول على مصفوفة قطرية للقناة ، حيث يتم تفكيك المصفوفة عن طريق حساب القيم والمتجهات الداتية لمصفوفة القناة المزدوجة القفز بين المرسل والمرحل المستقبل.

في هذه الورقة نهدف الي تقييم الاداء لمرحل مضخم فى الاتجاه الأمامي على وصلة لاسلكية عريضة النطاق ومتعددة المداخل والمخارج باستخدام تقنية الارسال المتعامد وتقييم الاداء فى حالة توفر كامل المعلومات عن القناة مسبقا وفى عدم توافر معلومات دقيقة اى حالة وجود اخطاء فى تخمين القناة اللاسلكية المزدوجة القفز وما مدى تأثيره على جودة الاتصال و محدودية سرعة تبادل البيانات .

تنقسم هذه الورقة الى مقدمة، نموذج النظام، مناقشة النتائج والاستنتاجات. فى كتابة المعادلات الرياضية خصصت الحروف الصغيرة غير الداكنة لتمتيل المتغيرات العددية المفردة (scalar) ، والحروف الصغيرة الداكنة لتمتيل المتغيرات العددية على هيئة صف او عمود(vectors) ، والحروف الكبيرة الداكنة لتمتيل المصفوفات (Matrices) .

2 بنيـة نظام الاتصال

تتكون بنية نظام الاتصال من المصدر و الوجهة وكذلك مرحل فى منتصف المسافة بينهما . المصدر يحوي على هوائيات الارسال T و الوجهة تحتوى على هوائيات الاستقبال R وكل من المرسل والمستقبل فى المرحل يحو ي على نفس العدد من هوائيات الارسال وهوائيات الاستقبال كما هو موضح بالشكل 1 .

شكل 1. نظام اتصالات عبر مرحل متعدد المداخل والمخارج

1.2 مراحل الارسال عبر قناة الاتصال المزدوجة

شكل 2. مراحل الارسال عبر قنوات الاتصال

الشكل رقم (1) يبين مراحل الارسال عبر قنوات نظام الاتصال لو اخدنا في الاعتبار ان قناة الاتصال مابين المرسل والمرحل ومابين المرحل والمستقبل تابثة خلال فترة الارسال "تابتة مع الزمن" ومنتقاه لطيف الاشارة المرسلة . يشير الى احد المسارات بين قناة الاتصال مابين المصدر والمرحل بالرمز $\mathbf{c}_1[l]$ وكدلك احد المسارات بين قناة الاتصال بين المرحل و الوجهة $\mathbf{c}_2[l]$ وخلال قنوات الاتصال يتم اضافة الضوضاء $\mathbf{v}_l$ و $\mathbf{v}_S$ ، هده الضوضاء لها متوسط يساوي الصفر وتماثل دائري وهي تمتل ضوضاء جاوس البيضاء .

فى المرحلة الاولى من الارسال يتم تحويل الرموز من بيانات متوازي الى تسلسلي $\mathbf{s}_n$ لارسالها عبر قناة الاتصال بين المرسل والمرحل بحيث يكون لكل هوائي ارسال نفس الحزمة من البيانات .

وتكون اشارة الاستقبال عند المرحل $\mathbf{x}_n$ بالصيغة التالية

$$\mathbf{x}_n = \sum_{l=0}^{L} \mathbf{C}_1[l]\mathbf{s}[n-l] + \mathbf{v}_l \qquad (1)$$

وتمتل $\mathbf{C}_1[l]$, $\mathbf{C}_2[l]$ حيث $l = 0 \ldots L-1$, لمصفوفة $R \times T$.

وبهذا تكون الاشارة فى نطاق الزمن هى جمع التفاف بين مصفوفة القناة متعددة المداخل والمخارج واشارة رموز الدخل، وتمتل $\mathbf{v}_l$ اشارة ضجيج جاوس المضاف. فى المرحلة الثانية تحول الرموز من بيانات تسلسلي الى متوازي لمعالجتها حيث تضخم الاشارة $\mathbf{x}_n$ فى المرحل و ترحل الى المستقبل

$$\mathbf{u} = \mathbf{G}\mathbf{x} \qquad (2)$$

وفى القسم 2.3 سنتعرض لمعالجة الاشارة G بناءا على بروتوكول تضخيم وترحيل للاشارة في الاتجاه الامامى (Amplify and forward) . عند مخرج المرحل نحصل على الاشارة $\mathbf{u}$ التى ترسل خلال المرحلة التانية من الارسال عبر القناه $\mathbf{C}_2[l]$ عن طريق جمع الالتفاف بين الاشارة $\mathbf{u}$ والقناة متعددة المداخل و المخارج ويكون

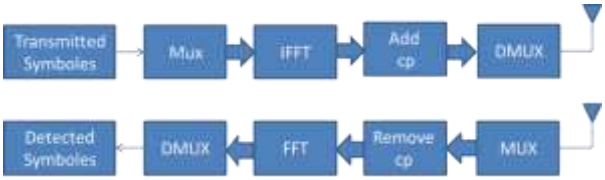
تاتير القناة متل مرشح استجابة نبضة محدودة متعدد المداخل والمخارج . وبالتالي تكون الاشارات المستقبلة من هوائيات الاستقبال $\mathbf{y}_n$ معطاه بالشكل التالي

$$\mathbf{y}_n = \sum_{l=0}^{L} \mathbf{C}_2[l]\,\boldsymbol{u}[n-l] + \mathbf{v}_s \qquad (3)$$

حيث ان الـ ضوضاء لها متوسط يساوي الصفر وتماثل دائري وهي تمثل ضوضاء جاوس البيضاء بمصفوفة تغايريه تعطى بدلالة $\varepsilon\{\mathbf{v}\mathbf{v}^H\} = \sigma_V \mathbf{I}_R$ وتنقسم الى $\mathbf{v}_l$ عند مدخل المرحل و $\mathbf{v}_s$ عند مدخل المستقبل.

2.2 تقنيـة الارسال المتعـامد

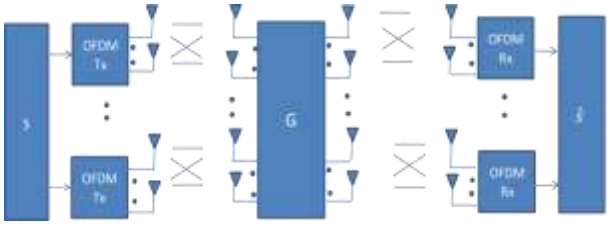
الشكل 3 يوضح مرسل ومستقبل بتقنية تقنية الارسال بطريقة الترددات المتعامدة (OFDM) ويستخدم هدا النمط كارسال متعدد القنوات وبسرعة تراسل عاليةعل قناة عريضة النطاق الترددى.



شكل 3. تقنيـة الارسال المتعـامد

لتحويل قناة الاتصال العريضة بين المصدر والمرحل وكدلك قناة الاتصال بين المرحل و الوجهة الى k قناة ضيقة مستوية النطاق الترددي نستخدم لتقسيم النطاق العريض لقناة الارسال الى عدة نطاقات ضيقة . ولكي لايحدث تداخل في الرموز خلال عملية الارسال تستخدام البادئة الدورية (cyclic prefix) والتي لها طول يساوي الاستجابة النبضية . واقحام هدا المقطع يجعل مصفوفة القناة فى الزمن عبارة عن مصفوفة لها خاصية مميزة وتسمى مصفوفة دورانية ويكون تاتيرعملية تحويل فوريير العكسى و وتحويل فوريير على التوالي على مصفوفة القناة الدورانية هو مصفوفة قطرية يحتوى قطرها الرئيسى على عدد k مصفوفة ببعد $R \times T$.

ويتكون نظام الاتصالات من دمج الشكل1 والشكل3 كما هو موضح بالشكل4



شكل 4. بنية نظام الاتصالات

وبدلك تكون مراحل الارسال عبر قنوات الاتصال فى نطاق التردد كالاتي:

$$\mathbf{x} = \tilde{\mathbf{H}}_1 \mathbf{s} + \mathbf{v}_1 \qquad (4)$$

$$\mathbf{y} = \tilde{\mathbf{H}}_1\, \mathbf{G}\tilde{\mathbf{H}}_2\, \mathbf{s} + \tilde{\mathbf{H}}_2\, \mathbf{G}\mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_s \qquad (5)$$

حيث $\tilde{\mathbf{H}}_1, \tilde{\mathbf{H}}_2$ ببعد $kR \times kT$ تمثل القناة بين المرسل و المرحل والقناة بين المرحل والمستقبل على التوالى لكل النظام

$$\tilde{\mathbf{H}}_1 = diag[\mathbf{H}_{1,0}, \mathbf{H}_{1,1}, \cdots, \mathbf{H}_{1,K-1}] \qquad (6a)$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_2 = diag[\mathbf{H}_{2,0}, \mathbf{H}_{2,1}, \cdots, \mathbf{H}_{2,K-1}] \qquad (6b)$$

حيث $\mathbf{H}_{1,k}, \mathbf{H}_{2,k}$ ببعد $R \times T$ تمثل القناة بين المرسل و المرحل والقناة بين المرحل والمستقبل على التوالى لكل حاملة فرعية

3.2 تضخيـم وترحيل الاشارة

حاصل ضرب المصفوفات $\mathbf{H}_{1,k}\,\mathbf{H}_{2,k}$, $k = 0 \ldots K-1$ في المعادلة رقم (6) هي مصفوفات تمثل القناة مزدوجة القفز (dual hop) دات مداخل ومخارج هوائيات الارسال والاستقبال لكل حامل فرعى $k=0 \ldots K-1$. حيث تمت معالجتها باستخدام تقنية (OFDM) فى القسم السابق. ولحذف تاتير التداخل المكانى الناتج عن تعدد المداخل و المخارج يتم معالجتها لتحويلها الى مصفوفة قطرية باستخدم مفكوك القيمة المفردة (Singular Value Decomposition) (SVD) كالتالي:

$$\mathbf{H}_{1,k}\mathbf{H}_{2,k} = \mathbf{U}_k \Lambda_k \mathbf{V}_k^H \qquad (7)$$

$$\Lambda_{\mathbf{k}} = diag[\lambda_1, \cdots, \lambda_{\mathbf{T}}] \qquad (8)$$

$\Lambda_{\mathbf{k}}$ تمثل مصفوفة القيم الداتية اما $\mathbf{U}_k \mathbf{V}_k^H$ فهى مصفوفات (9) بهات اى ليس لها تاتير على القدرة و λ_i هي القيمة الذاتية لمصفوفة تعدد المداخل والمخارج لكل حامل فرعي، وبهدا تكون الكسب عن المرحل لكل حاملة فرعية هى قطرية ايضا وتمثل كالاتى

$$\mathbf{G}_{\mathbf{k}} = diag[g_1, \cdots, g_{\mathbf{T}}]$$

وتحتوى قيمة g على قيمة التضخيم للاشارة المرحلة لكل حامل فرعى و التى تعطى كالاتى

$$g_i = \sqrt{p_r / \left(p_s \lambda_i^2 + \sigma_1^2\right)} \qquad (10)$$

حيث p_r, p_s قدرة المرسل والمرحل على التوالى اما σ_1^2 فهى قدرة الضجيج عبر القناة مابين المرسل والمرحل وبهدا تكون مصفوفة اعادة الارسال للمرحل $\mathbf{G}$ مصفوفة قطرية يحتوى قطرها الرئيسى على قيم التضخيم لبروتوكول التضخيم واعادة الارسال

$$\mathbf{G} = diag[G_0, \cdots, G_{\mathbf{k-1}}]$$

التحليل السابق وبالتعويض نحصل عل سعة القناة اللاسلكية (11) المردوجه القفز متعددة المداخل والمخارج مع الارسال المتعامد حيث يمكن حساب متوسط السعة لكل حامل فرعى [6,9,10].

$$C = \log_2 .\left(\det(\mathbf{I} + (\sigma_{V_2}\mathbf{I} + (\sigma_{V_1}\Lambda_2 \mathbf{G}\mathbf{G}^{\mathrm{H}}\Lambda_2^{\mathrm{H}})^{-1}\Lambda_2 \mathbf{G}\Lambda_1\Lambda_1^{\mathrm{H}}\mathbf{G}^{\mathrm{H}}\Lambda_2^{\mathrm{H}}) \right) \qquad (12)$$

حيث G, Λ كما فى المعادلات (8 , 9)على التوالي.

بناء على المعادلة (12) يمكن تخمين احتمال الخروج (Po) (outage probability) لمرحل تضخيم واعادة ارسال الاشارة وتعرف عندما تنخفض نسبة الاشارة الى الضجيج عن العتبة SNR_{Th} وتوضح كالاتى

$$Po = \Pr[0 \le SNR \le SNR_{Th}] \quad (13)$$

2.4 كاشف الاشارة وتقييم اداء النظام

بسطت تقنية (OFDM) تعقيد كاشف الاشارة المتماسك الدى يتطلب توافر معلومات تامة عن القناة عند المستقبل لكن تضخيم الاشارة عبر المرحل تحتاج توافر معلومات دقيقة عن حالة القناة المزدوجة .

فى حالة عدم توافر معلومات تامة عن حالة القناة المزدوجة للنظام ستقل جودة التراسل ولتقييم الجودة سنقوم بحساب متوسط مربع الخطأ (Mean Square Error) *MSE* ولحساب *MSE* نستخدم الصيغة التالية:

$$MSE = mean\left(\left\|\tilde{\mathbf{H}}_1\tilde{\mathbf{H}}_2 - \hat{\tilde{\mathbf{H}}}_1\hat{\tilde{\mathbf{H}}}_2\right\|^2\right) \quad (14)$$

حيث $\hat{\tilde{\mathbf{H}}}_1\hat{\tilde{\mathbf{H}}}_2$ هى القناة التى تحوى اخطاء ناتجة عن تخمين القناة المزدوجة القفز ومتوسط مربع الخطأ (*MSE*) يعطى مؤشر متفاوت عن مدى الدقة فى عملية تخمين القناة والدى يمكن من خلاله مقارنة اداء النظام.

3 النتائج

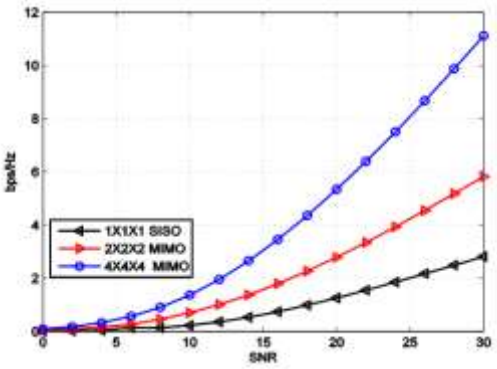
عن طريق (MATLAB) تمت محاكاة متغيرات عناصر نظام الاتصال الموضحة بالجدول (1)، وذلك من خلال حساب سعة القناة بالإضافة الى حساب جودة الاتصال بدلالة نسبة الخطأ في البيانات المستقبلة (Bit Error Ratio) (*BER*) و مقارنة النتائج فى حالة توفر معلومات تامة عن القناة المزدوجة القفز وفى حالة عدم توفرهده المعلومات بدقة كاملة نتيجة ظروف تواجد الخطا *MSE* فى تخمين القناة لاى نظام اتصالات. حيث ان الجدول (1) يوضح متغيرات النظام .

جدول1 متغيرات النظام

عدد الحاملات الفرعية	$k = 32$
طول القناة	$L = 4$
اضافة المقطع الدوري	$k + L$
القدرة المرسلة	$p_t = Tk\sigma_s^2$
قدرة المصدر	$p_s = p_t/2$
قدرة الحاملة عند المصدر	$p_\lambda = p_s/(Tk)$
قدرة المرحل	$p_r = p_t/2$
التضمين الرقمي	*QPSK*

3 .1 سعة القناة المزدوجة للمرحل

قبل استعراض النتائج يجب توضيح تأثير تعدد هوائيات المداخل والمخارج على زيادة سعة قناة الوصلة اللاسلكية المزدوجة للمرحل . من الشكل (5) الدى يحدد العلاقة بين نسبة الاشارة الى الضجيج وكفاءة كثافة الطيف الدى يدل على سعة القناة ، يتبين ان معدل السعة يزداد بزيادة نسبة الاشارة الى الضجيج . الشكل يقارن نظام مفرد $1\times1\times1$ ونظام متعدد المداخل والمخارج $2\times2\times2$ و $4\times4\times4$، أي انه يمكن استنتاج انه للقناة العريضة مقارنة مع نظام الهوائي الواحد سعة القناة المتعددة تزداد بأكبر من المعامل $min(T,R)$ لمراحل الارسال عند الجانب الايمن على الشكل حيث القيم العالية لنسبة الاشارة الى الضجيج *SNR*.

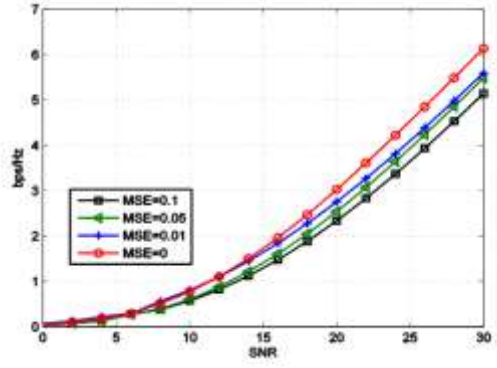


شكل (5) سعة قناة الوصلة اللاسلكية المزدوجة للمرحل

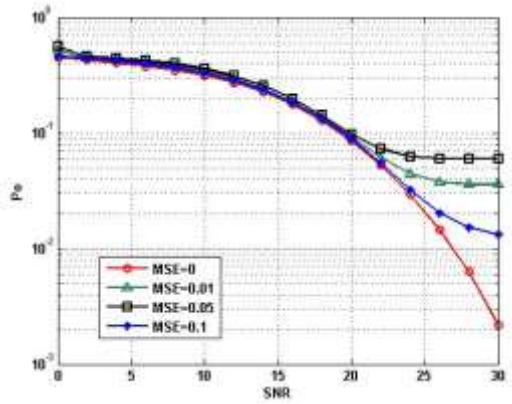
3.2 تأثير دقة معلومات حالة القناة على سعة القناة واحتمال الخروج

الشكل (6) يوضح تأثير *MSE* على سعة القناة $2\times2\times2$ عندما تتغير نسبة الاشارة الى الضجيج *SNR*، حيث انه من الشكل نلاحظ ان السعة تتناقص بمعدل ملحوظ كلما تزايد *MSE* وعندما تكون *MSE=0.1* تنقص السعة بمقدار $1bps/Hz$ تقريبا عندما *SNR* اكبر من *20 dB* . نستنتج من الشكل ايضا ان تقنية تعدد الهوائيات تزيد سعة القناة العريضة النطاق زيادة معتبرة وفى نفس الوقت تتاثر قليلا باخطاء التخمين مما يؤكد استطاعة هذا النظام على ارسال البيانات بسرعات عالية. والشكل (7) يوضح احتمال الخروج من المعادلة (13) وبناء على النتائج فى شكل (6) .

للمقارنة عند *Po=10-1* نحتاج *SNR>18 dB* وعندما *Po=10-2* فقط عندما *MSE<0.01* تتحقق ونحتاج *SNR>25 dB* . وبهدا نستنتج ان مستوى الخطاء الثابت (error floor) الدى يظهر عندما *MSE>0.01*، نتيجة لعدم توافر معلومات مسبقة تامة عن حالة القناة يؤثر على جودة عمل المرحل .



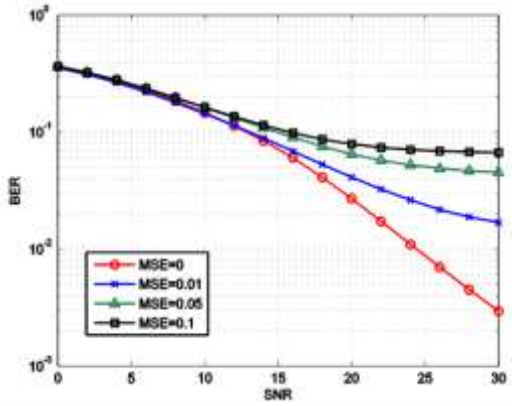
شكل (6) تأثير متوسط مربع خطا تخمين القناة على سعة القناة



شكل (7) تأثير متوسط مربع خطا تخمين القناة على احتمال الخروج

3.3 تأثير دقة معلومات حالة القناة على الاداء جودة الارسال

شكل (4) يوضح نسبة الخطأ في البت *BER* ضد نسبة الاشارة الى الضجيج بالديسيبل *SNR*عندما تتأثر جودة الارسال بتزايد معدل الاخطاء *MSE* فى تخمين القناة . من خلال مقارنة المنحنى المتالي عندما *MSE* بالمنحنيات الاخرى نلاحظ تدهور مستمرفى الجودة لدرجة ان الاداء يصبح غير ملائم لكثير من متطلبات الجودة فى بعض تطبيقات الاتصالات اللاسلكية . ونلاحظ من الشكل انه عند 0.01 *MSE* > يصبح الاداء متاثر بظاهرة مستوى الخطاء الثابت ، اى انه يتاثر الاداء كثيرا بالاخطاء فى تخمين القناة حيث نلاحظ تدهور سريع يصبح الاداء به غير مقبول ولا يلبى متطلبات الاداء لتطبيقات الاتصالات اللاسلكية التى تتطلب سرعات تراسل عالية.



شكل (8) تأثير متوسط مربع خطا تخمين القناة على اداء النظام

4 الاستنتاجات

من خلال النتائج المتحصل عليها عن اداء انظمة الاتصالات ذاث النطاق الترددى العريض والتى تحتوى عل مرحل من الممكن استنتاج ان عدم توفر معلومات حالة القناة بدقة تؤثر كثيرا على السعة وعلى جودة الارسال و الاداء و التى يكون تاثيرها بدرجة ملحوظة ، والتاتير هنا يكون ناتج عن ان التخمين الغير دقيق والدى قد يؤثر على خاصية استقلالية مسارات القناة وبدلك تفقد جزئيا خاصية التنوع التى تستفيد منها انظمة الاتصال متعددة المداخل والمخارج . اما التدهور الحاد فى الاداء فان سببه لان جميع مراحل معالجة الاشارة فى المرحل والوجهة تعتمد على توفر معلومات حالة القناة. وهذا يدل على انه بالرغم من المزايا العديدة التى تقدمها هذه الانظمة الا ان التوازن بين سرعة وجودة الارسال عامل مهم جدا خاصة فى ظل عدم دقة المعلومات عن معاملا ت القناة بين المصدر والمرحل وبين المرحل والوجهة.

المراجع

[1]- X. Tang and Y. Hua. Optimal design of non regenerative MIMO wireless relays. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 6(4):1398–1407Apr. 2007

[2]- Y. Fan and J. S. Thompson. On the performance Of MIMO spatial multiplexing relay channels. In *IEEE International Conference on Communications*, pages2773–2778, Glasgow, June 2007

[3]- O. Munoz-Medina, J. Vidal, and A. Agustin. Linear transceiver design in non regenerative relays with channel state information. *IEEE Trans. Signal Process.* vol. 55, no. 6, pp. 2953–2604, Jun. 2007

[4]- Kapil Gupta and P.K.Ghosh . End-to-End Performance of Multiple-Input-MultipleOutput Relay Transmission Link over Rayleigh Fading Channels. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 53– No.2, September 2012.

[5]- C. Dewar and D. Warren, “Understanding 5G Perspectives on future technological advancements in mobile,” https://gsmaintelligence.com/, published online 8 Dec. 2014, p43.

[6]- Weinstein S B, Ebert P M. Data transmission by frequency-division multiplexing using the discrete fourier transform. *IEEE Transactions on Communication Theory*, vol. 19, no. 5, pp. 628- 634. 1971.

[7]- L. Dai, B. Wang, Z. Ding, Z. Wang, S. Chen, and L. Hanzo, “A Survey of Non-Orthogonal Multiple Access for 5G,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 20, no. 3, pp. 2294–2323, 2018.

[8]- W. Xiang, K. Zheng, and X. S. Shen, *5G Mobile Communications*. Springer, 2017.

[9]- L. Musavian, M. R. Nakhi, M. Dohler, and A. H. Aghvami. Effect of channel uncertianty on the mutual information of MIMO fading channels. *IEEE Trans. Veh. Technol.* vol. 56, no. 5, pp. 2798–2806, Sep. 2007.

[10]- B. Wang, J. Zhang, and A. Host-Madsen. On the capacity of MIMO relay channels. *IEEE Transactions on Information Theory*, 51(1):29–43, Jan. 2005.