

التقليل من نسبة خطأ البت (BER) لنظام تضمين الازاحة متعددة الأطوار (M-PSK) باستخدام تقنية (Gray coding)

علي عبدالقادر الشنوكي
جامعة سبها ، إلكترونية ، سبها ، ليبيا
ali.alshankie@sebhau.edu.ly

علي عبدالرحمن عكاشة
جامعة سبها ، إلكترونية ، سبها ، ليبيا
ali.ukasha@sebhau.edu.ly

محمد نوري حسين
جامعة سبها ، إلكترونية ، سبها ، ليبيا
moh.emhamed@sebhau.edu.ly

محمد عمر بابانة
جامعة سبها ، إلكترونية ، سبها ، ليبيا
moh.babana@sebhau.edu.ly

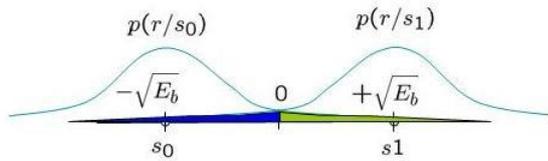
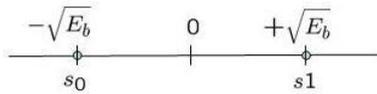
المخلص— في هذه الورقة قمنا بدراسة أنظمة التضمين الرقمية متعددة الأطوار M-PSK باعتبارها تستخدم بشكل كبير في أنظمة الاتصالات الرقمية ، ب. ونتيجة للضوضاء والمشاكل التي تحدث خلال وسط الاتصال يتأثر نظام M-PSK بشكل كبير كلما زاد مستوى التضمين M مما يتسبب في وجود أخطاء عند استقبال الإشارة ليتكون ما يسمى بالخطأ في البت Bit Error Rate، حيث تعتبر الضوضاء من أهم الأسباب الرئيسية في التقليل من جودة الاتصالات أثناء عملية الإرسال والاستقبال ، للتقليل من نسبة الخطأ في البت BER الناتج عن الضوضاء قمنا باستخدام تقنية ترميز غراي Gray coding كونه ترميز ثنائي يستخدم في الأنظمة الرقمية ، حيث تمت عملية المحاكاة باستخدام برنامج الماتلاب (MATLAB R2013a) لمعرفة نسبة خطأ البتات ، والمقارنة بين نسبة البتات المرسله والمستقبلة وبين القيم النظرية والعملية ، ومن خلال النتائج المتحصل عليها أثبتت فاعلية تقنية Gray coding في تقليل أخطاء البتات الناتجة عن الضوضاء في أنظمة M-PSK.

أ. حساب احتمال الخطأ
يتم تميل وحساب ضوضاء جاوس باستخدام دالة كثافة الاحتمال PDF والتي تعطى بالعلاقة التالية:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

حيث $\mu = 0$ القيمة المتوسطة $\sigma = \frac{N_0}{2}$ الانحراف المعياري

إذا كان نظام الاتصال BPSK Binary phase shift keying بحيث كل بت مرسل من إشارة المعلومات 1 أو 0 يمثل بطور 0 و 180 على التوالي وتم تمثيل اتساع البت بـ $\sqrt{E_b}$ وهو الطاقة التي يحملها كل بت كما (يوضح الشكل 1) [6][2][11].



شكل 1. تأثير ضوضاء جاوس على تضمين Bpsk

وكانت الإشارة المستقبلة على النحو التالي:

$$\begin{aligned} y &= s_1 + n && \text{عند إرسال البت 1} \\ y &= s_0 + n && \text{عند إرسال البت 0} \end{aligned}$$

الكلمات المفتاحية: نسبة خطأ البت، ترميز Gray، ضوضاء جاوس، احتمال الخطأ، متعددة الأطوار

1. المقدمة

عندما يتعرض نظام M-PSK لضوضاء جاوس البيضاء AWGN فإن كثير من الأخطاء تنتج في البتات المرسله وهذه الأخطاء تزيد بزيادة مستوى التضمين وتقل بنقصانها. تم التقليل من الأخطاء التي تحدث نتيجة ضوضاء جاوس البيضاء AWGN والتي تؤثر على نظام M-PSK باستخدام ترميز غراي والذي كان له أثر كبير في تقليل نسبة خطأ البت BER. في هذا البحث استخدمت أربعة أنواع لنظام M-PSK وهي QPSK و 8-PSK و 16-PSK و 32-PSK.

تتأثر أنظمة الاتصال بالضوضاء التي تسبب في تشويه الإشارة المرسله من خلال قناة الاتصال مما يتسبب في الأخطاء عند الاستقبال ، ضوضاء جاوس البيضاء من أهم الضوضاء في الاتصالات الرقمية والتي تخضع لتوزيع جاوس وهو توزيع من التوزيعات الاحصائية والذي يمكن ايجاد قيمته عن طريق الاحتمالات [11][1]

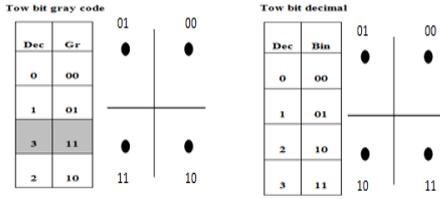
بالعلاقة $M = \log_2 N$ الشكل التالي يبين المخطط النقطي للتضمين QPSK عندما يمثل الخرج بعدد 2 بت في النظام العشري وكذلك تمثيله بالنظام Gray coding، التمثيل النقطي لنظام QPSK موضح (بالشكل [2][3][4][5][2]).

استلمت الورقة بالكامل في 5 نوفمبر 2021 وروجعت في 11 نوفمبر 2021 وقبلت للنشر في 11 نوفمبر 2021.

ونشرت ومتاحة على الشبكة العنكبوتية في 22 نوفمبر 2021.

البت. اذا كانت الاشارة المستقبلية y اقل من الصفر معنى هذا ان s_0 هي الاشارة المرسله.

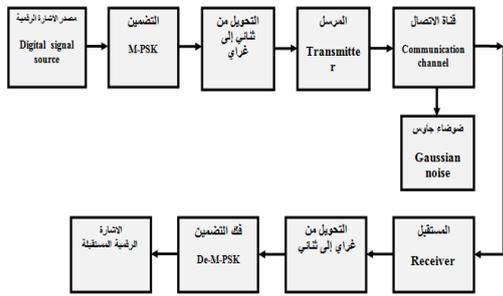
احتمال الخطاء عندما تكون s_1 هي المرسله كالتالي: [1][3][4][12].



شكل 2. التمثيل النقطي لتضمين QPSK ممثلا بالنظام العشري وكذلك Gray

(الشكل 3) يبين المخطط المخطط الصندوقي لعملية المحاكاة حيث تم إدخال إشارة رقمية من المصدر على عملية التضمين واذا كان مصدر الاشارة هو عبارة عن اشارة تماثلية يتم تحويلها الى رقمية ، عملية التضمين تتمثل في تمثيل الاشارة المضمنة على شكل نظام ثنائي يمثل عشريا ، عملية التشفير التحويل من ثنائي الى جراي ومنها تصبح الاشارة جاهزة للإرسال إلى المرسل ثم إلى قناة الاتصال التي تم اضافة ضوضاء جاوس اليها ومنها إلى المستقبل.

يتم التحويل من جراي الى ثنائي في عملية الاستقبال كعملية عكسية للإرسال ، فك تضمين الاشارة ومن الحصول على الاشارة الرقمية المستقبلية، تتم مقارنة الاشارة المستقبلية بالإشارة المرسله لحساب عدد الاخطاء.



الشكل 3. المخطط الصندوقي لعملية المحاكاة

3. المناقشة والاستنتاجات

تم في هذا الجزء محاكاة عملية ارسال واستقبال اشارة المعلومات باستخدام كود لحساب نسبة الخطاء في البت BER لأنظمة تضمين M-PSK ، حيث أنه قبل استخدام ترميز جراي لنظام QPSK كما يبين (الشكل 4) ، عندما كانت قدرة الاشارة الى الضوضاء تساوي 1 ديسيبل

الاحتمال الشرطي لدالة كثافة الاحتمال في هذه الحالة تعطى بالعلاقة التالية:

$$p(y/s_0) = \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} e^{-\frac{(y+\sqrt{E_0})^2}{N_0}} \quad (2)$$

$$p(y/s_1) = \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} e^{-\frac{(y-\sqrt{E_0})^2}{N_0}} \quad (3)$$

وعلى فرض ان s_0 s_1 لهما نفس قيمة الاحتمال أي انه $=0.5$ $p(s_1) = p(s_0)$ واذا كان 0 هي العتبة التي تفصل بين الاحتمالين ، اذا كانت الاشارة المستقبلية y اكبر من ال 0 معنى هذا ان s_1 هي الاشارة المرسله واذا تم استقبال s_0 عندما كانت y اكبر من 0 كما توضح المساحة باللون الاخضر في الشكل في هذه الحالة يكون خطأ في استقبال

$$p(e/s_1) = \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{(y-\sqrt{E_0})^2}{N_0}} dy \quad (4)$$

$$p(e/s_1) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{\sqrt{E_b/N_0}}^{\infty} e^{-z^2} dz \quad (5)$$

$$p(e/s_1) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(\sqrt{E_b/N_0}) \quad (6)$$

بحيث $\operatorname{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} e^{-z^2} dx$ هي دالة الخطاء المكمل. احتمال الخطاء عندما تكون s_0 هي المرسله كالتالي:

$$p(e/s_0) = \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{(y+\sqrt{E_0})^2}{N_0}} dy \quad (7)$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{\sqrt{E_b/N_0}}^{\infty} e^{-z^2} dz = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(\sqrt{E_b/N_0})$$

وبذلك يكون الاحتمال الكلي لاحتمال الخطأ في البت:

$$P_d = p(s_1)p(e/s_1) + p(s_0)p(e/s_0) \quad (8)$$

ب. تقنية Gray coding

هي طريقة خاصة لتمثيل الأعداد ثنائيا لتشفير جراي خاصة تجعل له أهمية في التطبيقات العملية، وهي أنه لا يوجد عدداً متتاليان ممثلان بطريقة جراي لهما ترميز متشابه، هذه الخاصية تتمظهر في أن الفرق بين أي عدد وآخر يليه في تشفير جراي يكون في بيت واحد فقط أي أنك . في نظام QPSK يوجد 4 حالات للخروج بعدد $M=4$ وهذه الحالات يتم تكوينها بعدد 2 بت كدخل للمنظومة $N=2$ ويكون الخرج عندما تتم المقارنة بين البتات المرسله والمستقبله لأنظمة التضمين متعددة الطور-M-PSK لمعرفة نسبة خطأ البت فإننا نلاحظ انخفاض تدريجيا في عدد الأخطاء واحتمالية خطأ البت عند استخدام ترميز Gray Coding ، وأما عند عدم استخدام ترميز Gray Coding فنلاحظ ارتفاع في عدد الأخطاء واحتمالية خطأ البت والجداول رقم (1) التالي يبين لنا الفرق

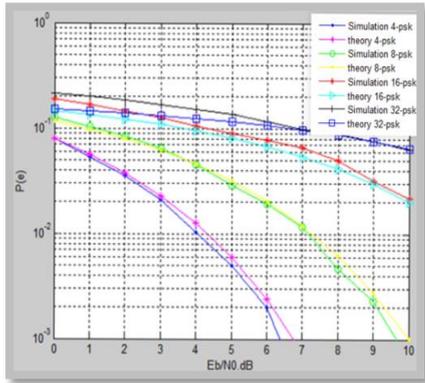
جدول 1. نسبة خطأ البت لأنظمة M-PSK

Gray بدون استخدام Coding		Gray Coding باستخدام		مستوى التضمين
احتمال الخطاء P(e)	عدد الاخطاء N-error	احتمال الخطاء P(e)	عدد الاخطاء N-error	
0.0907	272	0.0544	163	QPSK
0.1697	509	0.1040	312	8-PSK
0.2341	702	0.1621	486	16-PSK
0.2868	860	0.2004	601	32-PSK

يمكن قياس احتمالية الخطأ عن طريق المحاكاة كالتالي

احتمال الخطأ = عدد الأخطاء / عدد البتات المرسله.

من الجداول (1) قيمة احتمالية الخطأ لأنظمة تضمين M-PSK قبل استخدام Gray coding تكون كبيرة وتزداد بزيادة مستوى التضمين ،



الشكل 6. العلاقة بين احتمالية الخطأ وقدرة الإشارة للضوضاء لمضمن MPSK باستخدام Gray coding (دراسة ومحاكاة)

نلاحظ ايضا من (الشكل 6) ان هناك فرق بسيط في احتمالية الخطأ بين القيم النظرية والعملية لكل من نظامي تضمين 4-PSK ، 8-PSK ، فاقى نظام QPSK عندما كانت قدرة الإشارة إلى الضوضاء من 1dB إلى 2dB نلاحظ ان تطابق بين القيم النظرية والقيمة الناتجة من عملية المحاكاة ، وبالنسبة لنظامي تضمين 16-PSK ، 32-PSK هنالك فرق بين القيم النظرية والقيم الناتجة من المحاكاة الاحتمالية الخطأ مما يؤكد أنه كلما زاد مستوى التضمين تزيد احتمالية حدوث الخطأ والعكس صحيح. وأن القيم النظرية لنظام تضمين 16-PSK تساوي تقريبا القيمة النظرية لنظام تضمين 32-PSK ولا يحدث تقارب بين القيم النظرية والعملية الا بزيادة قدرة الإشارة إلى الضوضاء.

4. الاستنتاجات

في هذا البحث استخدمت أربعة أنواع لنظام M-PSK وهي QPSK و 8-PSK و 16-PSK و 32-PSK حيث نجد أن مستوى التضمين QPSK أفضل نوع من ناحية تقليل الأخطاء رغم أن مستويات التضمين الأخرى هي أسرع وأفضل في معدل إرسال البيانات ، كون عدد الأخطاء كان 163 مقارنة ب 32-PSK حيث كانت عدد الأخطاء 601 خطأ.

المراجع

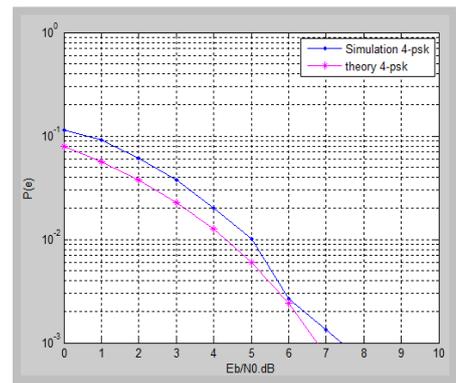
1. م. اسماعيل علي حسن، 2013. " تحليل خطأ البت القناة AWGN الثانية باستخدام تضمين السعة التعامدي 64-QAM في نظام الاتصالات"، جامعة سبها.
2. م. عبدالكريم بركة، 2014. " تأثير ضوضاء جاوس على نظام تضمين الاشارة متعدد الاطوار، جامعة سبها.
3. م. عمر محمد حمه، 2016. " كفاءة الإرسال المتعدد بالتقسيم المتعامد للتردد OFDM كتقنية تضمين"، جامعة سبها.
4. م. ريم الدبس، 2009. "مبادئ الاتصالات"، مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى.
5. م. وسيم محروقة، 2008. " دراسة ومحاكاة نظام WCDMA باستخدام برنامج MATLAB، جامعة دمشق.
- [6]. Arevalo, 2015. "Effectiveness of Grey coding in an AWGN digital channel data Transmission".
- [7]. John R.Barry, 2003. " Digital communication" Kluwer academy publishers,3rd ed.
- [8]. Sabaa Raied, "2019. Performance Comparison of Digital Modulation Techniques", Al Mustansiriyah University College of Engineering Electrical Engineering Department Iraq '.
- [9]. Sarada and Bikash. 2009. " channel estimation in multicarrier communication systems", National Institute of Technology Rourkela.
- [10]. Wayne Tomasi , 1994. "Advanced Electric Communication System", mesa community college, prentice hall international.
- [11]. <http://www.dsplg.com/2007/08/05/bit-error-probability-for-bpsk-modulation/>

ولاحظنا أيضا أن قيمة احتمالية الخطأ عند استخدام Gray coding

تكون أقل تزداد بزيادة مستوى التضمين ونتيجة لما سبق فإن أنظمة تضمين 16-PSK و 32-PSK نادرا ما يتم استعمالها في الإرسال والاستقبال لأنها معرضة لحدوث الأخطاء نتيجة لتداخل الأطوار الذي يحدث خطأ في استرداد المعلومات، حيث أن ميزة زيادة مستويات التضمين يزيد من معدل إرسال البيانات والتقليل من عرض النطاق الترددي ولكن من عيوبه انه بزيادة مستوى التضمين تزيد من معدل نسبة الخطأ للبت عكس أنظمة التضمين QPSK و 8-PSK. ولقد تم حساب القيم النظرية لاحتمال خطأ البت باستخدام المعادلة (9) [6][7][8][9].

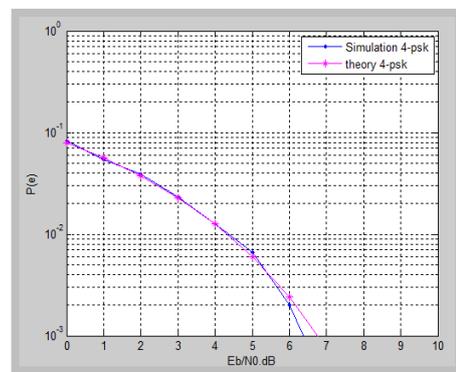
$$P(e) = \left(\frac{1}{k}\right) \operatorname{erfc}(\sqrt{k * 10^{(Eb-No/10)}}) \sin(\pi/M) \quad (9)$$

(الشكل 6) يبين العلاقة بين احتمالية الخطأ وقدرة الإشارة للضوضاء لمضمن MPSK باستخدام Gray coding (دراسة ومحاكاة) نلاحظ من الشكل انه من هناك تحسن كبير لاحتمال الخطأ في البت لكل مستويات التضمين بشكل عام.



الشكل 4. العلاقة بين احتمالية الخطأ وقدرة الإشارة للضوضاء لمضمن QPSK قبل استخدام Gray coding (دراسة ومحاكاة)

هذا يعني ان الضوضاء في اعلى قيمة لها وبالتالي فإن عدد الأخطاء يساوي 272 واحتمالية الخطأ تساوي 0.0907 وهذه نسبة عالية بعد استخدام ترميز جراي هذا يعني توقع حدوث أقل أخطاء وأقل نسبة خطأ البت BER عند المستقبل فعندما كانت نسبة الإشارة تساوي 1dB فإن عدد الأخطاء يساوي 163، واحتمالية الخطأ تساوي 0.0544، كما هو موضح في (الشكل 5)



الشكل 5. العلاقة بين احتمالية الخطأ وقدرة الإشارة للضوضاء لمضمن QPSK باستخدام Gray coding (دراسة ومحاكاة)