Journal of Alasmarya University: Basic and Applied Sciences
Vol. 6, No. 5, December 2021, Special Issue for Forth Conference on Engineering Science and Technology (CEST-2021)
مجلة الجامعة الأسمرية: العلوم الأساسية والتطبيقية
المجلد 6 ،العدد 5، ديسمبر 2021، عدد خاص بالمؤتمر الرابع للعلوم الهندسية والتقنية (CEST-2021)

دراسة ومحاكاة تأثير الشكل الموجي (FBMC) على التداخل بين الخلايا عند تعدد الوصلات في نظام الراديو الجديد بالمقارنة مع الشكل الموجي (CP-OFDM)

محمد إمحمد محمد عبدالرحيم[1،*]، سراج عبدالحميد الشلتات [2]، محمد حسين القبي[3]، أنس مصطفى الهلوب[4]

[1]كلية الهندسة، جامعة مصراته، مصراته، ليبيا، *mohamed.abdurrahim@eng.misuratau.edu.ly*
[2]كلية الهندسة، جامعة مصراته، مصراته، ليبيا، *sirajalsheltat@eng.misuratau.edu.ly*
[3]كلية الهندسة، جامعة مصراته، مصراته، ليبيا، *mohamed.elgubbi@eng.misuratau.edu.ly*
[4]كلية الهندسة، جامعة مصراته، مصراته، ليبيا، *a.alhalob@eng.misuratau.edu.ly*

الملخص

مع التطور المتزايد للأجهزة الذكية والهواتف المحمولة في السنوات الأخيرة، زاد الطلب على معدلات نقل عالية لنظم الاتصالات اللاسلكية ولا سيما نظم الاتصالات الخلوية. وكما نعلم أنه من أجل رفع معدلات نقل المعلومات في النظم الخلوية لابد من استخدام مصادر طيفية أكثر والذي بدوره أدى إلى اتساع عرض حزمة الإرسال لهذه النظم. ولهذا السبب، جاءت تقنية الحوامل المتعددة حلاً لمشكلة الانتقائية التَّرددية التي يعاني منها التعديل بحامل وحيد. في هذه الورقة، تم استخدام أداة محاكاة الشبكات اللاسلكية والخلوية القائمة على برنامج MATLAB واستخدام أساليب البرمجة الشيئية لدراسة ومحاكاة التداخل بين الخلايا عند تعدد الوصلات في نظام الراديو الجديد (الجيل الخامس) من أنظمة الهاتف المحمول. حيث تمت الدراسة بالمقارنة بين نوعين من الأشكال الموجية هما (CP-OFDM) و (FBMC)، وذلك من خلال كلٍ من الإنتاجية (Throughput)، معدل الخطأ في البت (Bit Error Rate - BER)، وكذلك معدل الخطأ في الإطار (Frame Error Rate - FER). وأظهرت النتائج المتحصل عليها من المحاكاة أن الشكل الموجي (FBMC) يمكن أن يكون حلاً أكثر فعالية. حيث أنه يزيد من معدل الإنتاجية ويُقلّل من معدل الخطأ في البت ومعدل الخطأ في الإطار للمستخدم الأساسي مقارنةً بالشكل الموجي OFDM.

الكلمات الدالة:
الإنتاجية.
التداخل بين الخلايا.
الجيل الخامس (5G).
الشكل الموجي OFDM-CP.
الشكل الموجي FBMC.

**البريد الإلكتروني للباحث المراسل:* *abdurrahim@eng.misuratau.edu.ly*

1. المقدمة

لقد أعطى تطور الإنترنت والطلب المتزايد لمُستخدمي معدل البيانات المرتفعين شبكات الوصول الديناميكي إلى الطيف اهتمامًا واسع النطاق في السنوات الأخيرة [1]. تبنى نظام الجيل الثاني Global System for Mobile Communications (GSM) تقنية النفاذ المتعدّد لتقسيم الزمن time-division multiple-access (TDMA) لنقل إشارات 8 مستخدمين ضمن كل قناة بعرض 200KHz. اعتمد نظام الجيل الثالث على تقنية النفاذ المتعدد لتقسيم التَّرميز عريض الحزمة wideband code-division multiple-access (WCDMA) حيث كان عرض الحزمة يساوي 5 MHz لتحقيق متطلبات نقل على الأقل 384 kbps . حسب توصيات منظمة الاتصالات الدولية International Telecommunications Union Radio-communication sector (ITU-R) فإن عرض حزمة

ISSN: 2706-9524 (Print) ISSN: 2706-9532 (Online)

الإشارة زاد عن 20 MHz و 100 MHz لكل من نظامي الجيل الرابع long-term evolution (LTE)و LTE-Advance على التَّرتيب. جاءت تقنية الحوامل المتعددة Multi-carrier modulation (MCM)والتي يتم فيها تقسيم عرض الحزمة إلى مجموعة من الحزم الجزئية الضيقة حلاً لمشكلة الانتقائية التَّرددية التي يعاني منها التعديل بحامل وحيد، كما نعلم تضييق عرض الحزمة يوافق زيادة طول الرمز وبالتالي تأثير قناة الاتصال يخف حيث يصبح تأخير القناة مُهمَل أمام طول الرمز. بفضل التعقيد المنخفض لخوارزمية تحويل فورييه السريع Fast Fourier Transform (FFT) واستخدام البادئة الدوارة Cycle Prefix (CP) بين الرموز أصبح التعديل Orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM) هو التعديل المُسيطر في نظم الاتصالات السلكية واللاسلكية وتم استخدامه في كثير من التطبيقات منها DSL ، DVB-T Wi-Fi ، WiMAX ، LTE وأخيراً في نظام LTE-Advanced [2]. تُعد تقنية OFDM ذات البادئة الدوارة (CP-OFDM) التي تَستخدم مجموعة متعامدة من الموجات الحاملة الفرعية إلى حد بعيد الحالة الأكثر انتشارًا للأنظمة متعددة الموجات الحاملة [1]، و بالرغم من كل المزايا التي قدمها نظام OFDM ومتانة الإرسال في القنوات الإنتقائية في التَّردد إلا أنه يعاني من بعض السلبيات، حيث يُقلل استخدام البادئة الدوارة من الفعالية الطيفية لنظام الإرسال، كما تكون الفصوص الجانبية للنبضة المربعة في المجال التَّرددي مرتفعة، وهذا بدوره يسبب تسريب إشارات OFDM خارج الحزمة التَّرددية المُخصّصة للنظام وبالتالي التداخل مع النظم المجاورة، خاصية التَّرشيح عالية الانتقائية غيرَ متوفرة في نظام OFDM وهذا بدوره يحد من استخدامه في نظم الراديو المعرفي التي تسمح للمُستخدم الثانوي بالإرسال ضمن حزم ترددية غير مشغولة من قبل المُستخدم الأولي. كان هناك العديد من المحاولات لتجاوز هذه العقبات ولعل أبرزها نظام-filtered OFDMالذي يستخدم نوافذ زمنية مثل half- sine, Haming وذلك لجعل الانتقال إلى حالة الصفر في النبضة المربعة أقل حدة، والذي بدوره يقلل من القدرة المُتسربة لكنها أيضاً تزيد من زمن رمز OFDMوبالتالي تزيد من الفقد في الفعالية الطيفية [2]. من الواضح أن سلبيات نظام CP-OFDM والمرتبطة بشكل مباشر بالنبضة المستطيلة المُستخدمة كمرشح أولي يمكن تجاوزها إذا تم الاعتماد على أشكال موجية مصممة بشكل مثالي في المجالين الزمني والتَّرددي تأخذ بعين الاعتبار الفصوص الجانبية التي يجب أن تكون أقل ما يمكن. يُعتبر الباحث Chang أول من ابتكر فكرة الإرسال متعدد الحوامل في ستينيات القرن الماضي [3] حيث قام بإرسال مجموعة من إشارات تعديل مطالي على عدة قنوات جزئية متوازية ضيقة الحزمة، كما أوجد شروط التعامد اللازمة والتي بنتيجتها تم الحصول على مجموعة جديدة من النبضات التي تحقق أكبر معدل نقل ممكن بدون تداخل بين الرموز (Intersymbole Interference – ISI) وتداخل بين القنوات (Interchannel Interference – ICI) [2]. ومن جهة أخرى بدأ الباحثون باستكشاف تقنيات تعديل متعددة الحوامل أكثر تطوراً لاستخدامها في نظام الجيل الخامس، فكان نظام بنك مرشحات الحوامل المتعددة Filter Bank Multi-Carrier (FBMC) [2]، الذي اقترحه سالتزبيرج (Saltzberg) لأول مرة في [4]، هو المرشح الأقوى والبديل المناسب لنظام CP-OFDMوالتقنية الواعدة في نظم الاتصالات الحديثة. الفكرة الأساسية في نظام FBMC هي استخدام مرشحات عالية الانتقائية التَّرددية غير النبضة المربعة ذات طول كافي مُصمّمة بشكل مثالي في المجالين الزمني والتَّرددي تكون فيها الفصوص الجانبية منخفضة بشكل كبير عما هو عليه الحال في النبضة المربعة المُستخدمة في نظام CP-OFDM. لم يعد هناك حاجة لاستخدام البادئة الدوارة في نظام FBMC كون الفصل بين الرموز يتم بفضل الإنتقائية العالية للمرشحات المُستخدمة، لذا يمكننا القول بأن الفعالية الطيفية لنظام FBMC أعلى مما هي عليه في نظامCP-OFDM، كما جعلت خاصية التَّرشيح عالية الانتقائية التَّرددية من نظام FBMC مناسب بشكلٍ فعالٍ في نظم الراديو المعرفي، وأيضاً جعلت الإشعاع خارج الحزمة أقل مما هو عليه في نظام OFDM [2]. ومن ثم، فإن الهدف الرئيسي من هذه الورقة البحثية هو مقارنة تقنيات الموجات الحاملة المتعددة OFDM و FBMC للأنظمة اللاسلكية 5G

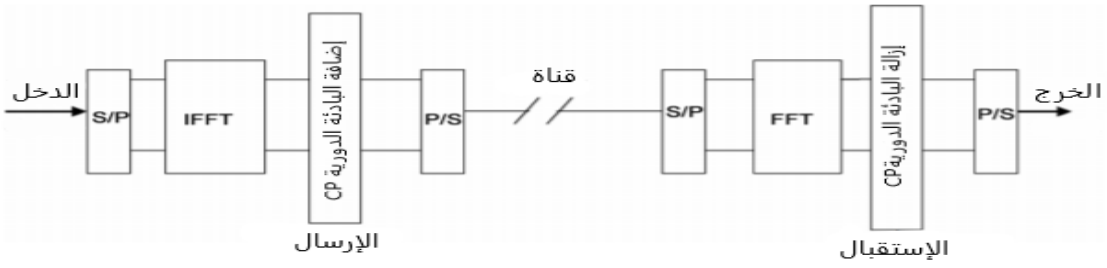
باستخدام MATLAB. تم إجراء جميع عمليات المحاكاة لمقارنة تقنيتي الموجات الحاملة المتعددة من حيث الإنتاجية لـ FBMC و OFDM. تم تنظيم هذه الورقة في الأقسام التالية - يُقدم القسم 1 مقدمة للورقة البحثية ويسلط الضوء على الفكرة الكامنة وراء المقارنة بين تقنيات FBMC و OFDM، ويعطي القسم 2 الاختلافات الرئيسية بين تقنيتي الموجات الحاملة المتعددة بمساعدة مخططات الكتلة الخاصة بكل منهما، يُناقش القسم 3 شرح النموذج المُستخدم لدراسة تأثير الشكل الموجي على التداخل بين الخلايا عند تعدد الوصلات، القسم 4 يدور حول عمليات المحاكاة التي أجريت على MATLAB لمقارنة تقنيات FBMC و OFDM من حيث كل من الإنتاجية و معدل الخطأ في البت ومعدل الخطأ في الإطار، وأخيراً يُقدم القسم 5 استنتاجات وتوصيات ورقة البحث، يتبع القسم 5 المراجع العلمية المُستخدمة في هذه الورقة.

2. المواد والطرق

وفقًا لمواصفات (3rd Generation Partnership Project - 3GPP) الحالية المتعلقة بتصميم الطبقة الفيزيائية (physical layer) (PHY) لشبكات الجيل الخامس من أنظمة الاتصالات الخلوية، فإن مصنعي المُعدّات غير مقيدين في اختيار الأشكال الموجية متعددة المركبات القائمة على تقنية التضمين باستخدام الحوامل الترددية المتعامدة. سيكون شكل الموجة CP-OFDM هو مخطط الإرسال الأساسي متعدد الموجات المُطبق في الجيل الخامس. ومع ذلك، لتقليل الاشعاع خارج الحزمة (OOB) (Out-of-band) وتحسين الحبس الطيفي، يتمتع المصنعون بحرية إضافة نوافذ أو ترشيح على CP-OFDM [1]. يُقدم القسم التالي وصفًا موجزًا لبعض الأشكال الموجية المدعومة من أداة المحاكاة المُستخدمة.

1.2- الشكل الموجي OFDM:

لكل موجة حاملة فرعية لنظام OFDM فصوص جانبية عالية القدرة، لذلك يزداد انبعاث القدرة خارج النطاق، مما يجعل نطاق الحماية أوسع بين قنوات المعلومات، ونتيجةً لذلك تنخفض سعة القناة في النظام، حيث يجب التغلب على هذه العيوب من أجل تقنيات الاتصالات الحديثة [1]. يُوضح الشكل (1) مخطط كتلي لتعدد الإرسال المتعامد بتقسيم التردد.

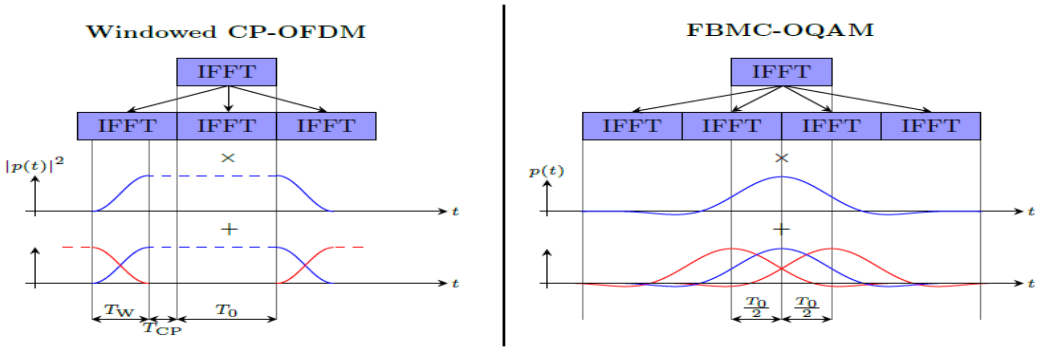


شكل (1): مخطط كتلي لتعدد الإرسال المتعامد بتقسيم التردد (OFDM) [1].

2.2- الشكل الموجي FBMC [5]:

يتمتع FBMC بالعديد من المزايا على OFDM، وهي انبعاثات خارج النطاق أقل بكثير وكثافة رمزية قصوى
(أي عدم وجود بادئة دوارة بالحاملات الفرعية). ومع ذلك، تأتي هذه المزايا على حساب التضحية بشرط التعامد التخيلي بشرط التعامد الحقيقي الأقل صرامة. ومع ذلك، في كثيرٍ من الحالات، هذا إما لا يؤثر على الأداء أو يكون له تأثير ضئيل فقط في حالات أخرى، مثل تقدير القناة أو بعض طرق الهوائيات متعددة المداخل والمخارج. ومن ناحية أخرى، تصبح المعالجة الخاصة للتداخل التخيلي ضرورية.

توجد العديد من الأساليب الفعالة للتعامل مع تلك التحديات. حيث أن توليد الإشارة في FBMC مشابه لتوليد OFDM ذي النوافذ، انظر الشكل (2)، بينما يتم تجاهل ترشيح الإستقبال لإبقاء الرسم التوضيحي بسيطًا.



شكل (2): توليد الإشارة في FBMC ونوافذ OFDM يتطلب نفس الخطوات الأساسية [6].

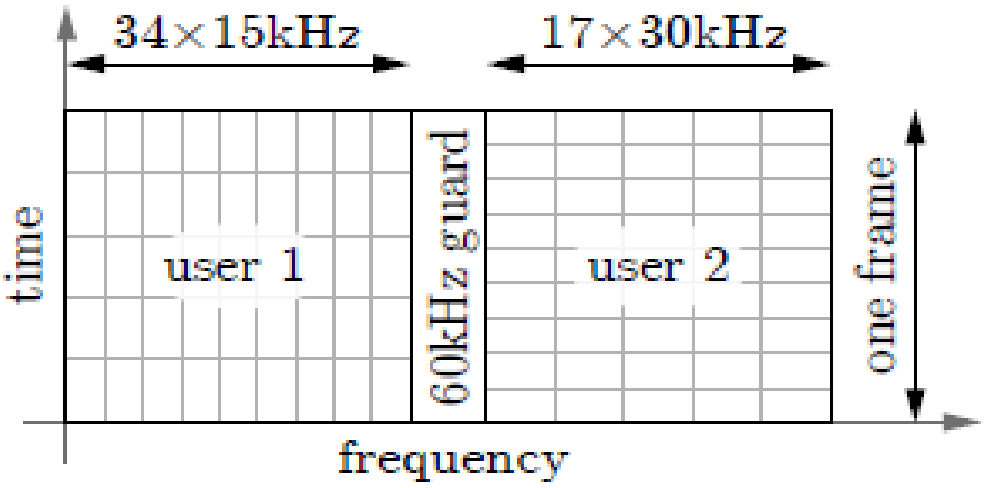
مُلخص للفرق بين نظامي OFDM و FBMC ضمن الجدول (1) التالي:

جدول (1): مقارنة بين نظامي OFDM و FBMC

الخاصية	CP-OFDM	FBMC
البادئة الدوارة	بحاجة إلى بادئة دوارة وبالتالي الفعالية الطيفية منخفضة	لا يحتاج
الفصوص الجانبية	فصوص جانبية مرتفعة	فصوص جانبية منخفضة
التزامن	من أجل الكشف الصحيح، يجب استخدام خوارزميات حذف التداخل MAI	تزامن جيد بسبب التَّرشيح العالي
تأثير دوبلر	حساسية عالية للانزياح التَّرددي	أقل حساسية
التعقيد الحسابي	قليل	عالٍ

3. النظريات والحسابات

في هذا الجزء من الورقة، سيتم شرح النموذج المُستخدم لدراسة تأثير التداخل بين الخلايا عند تعدد الوصلات. في هذا السيناريو، سيتم دراسة تأثير التداخل بين المستخدمين من ناحية الوصلة الصاعدة فقط. بفرض أن اثنين من المستخدمين يستخدمان تباعد مختلف بين الموجات الحاملة الفرعية، وبالتالي لا يكونان متعامدان مع بعضهما البعض. يتم جدولة المستخدمين بجوار بعضهما البعض في التردد كما هو مبين في الشكل (3)، بحيث يواجهان تداخلًا بسبب البث العالي خارج النطاق لتعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد. قد يكون هناك طريقة ترقيم وشكل موجة وتشفير قناة واحدة فقط لكل خلية. لذلك، يكون إعداد الهيكل كما يلي: هناك محطتان أساسيتان ومستخدمان إجمالاً، مُستخدم واحد لكل خلية. يتم تعيين المُستخدم الأول إلى المحطة القاعدية الأولى وتعيين المُستخدم الثاني إلى المحطة القاعدية الثانية. ومع ذلك، لوضع هذين المستخدمين فعليًا داخل خلية واحدة، فإننا نستغل وصلات التداخل ونضبط التوهين بين الخلايا على نفس القيمة، مثل فقد مسار القناة. من خلال هذا، تصبح قنوات التداخل والقنوات المرغوبة غير قابلة للتمييز. يتيح ذلك التحقيق في تأثير التداخل بين المستخدمين.



شكل (3): تخصيص موارد المستخدم داخل الخلية [5].

والجدول (2) يوضح بعض المِعلمات المهمة المُستخدمة في المحاكاة.

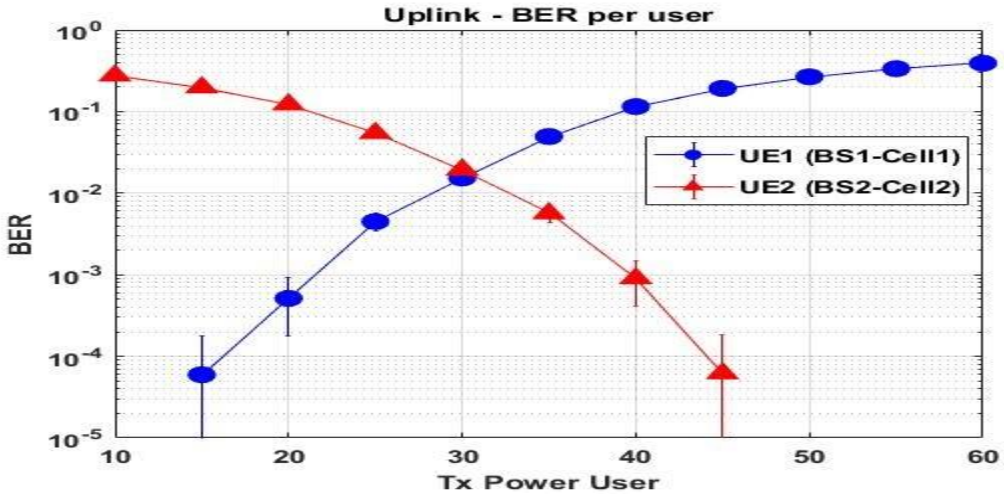
جدول (2): معلمات المحاكاة لسيناريو التداخل بين الخلايا عند تعدد الوصلات.

المعلمات	القيمة	
شكل الموجة	OFDM	FBMC
نوع وطول المرشح	-	PHYDYAS-OQAM
طول البادئة الدورية	4.76µs	-
تباعد الناقل الفرعي	User1: 15kHz, User2: 30kHz	
نطاق الحماية	60kHz	
عرض النطاق الترددي لكل مستخدم	34×15kHz=17×30kHz=0.51MHz	
نوع التضمين / التشفير	64QAM/LDPC	
نموذج القناة	block fading Pedestrian A	

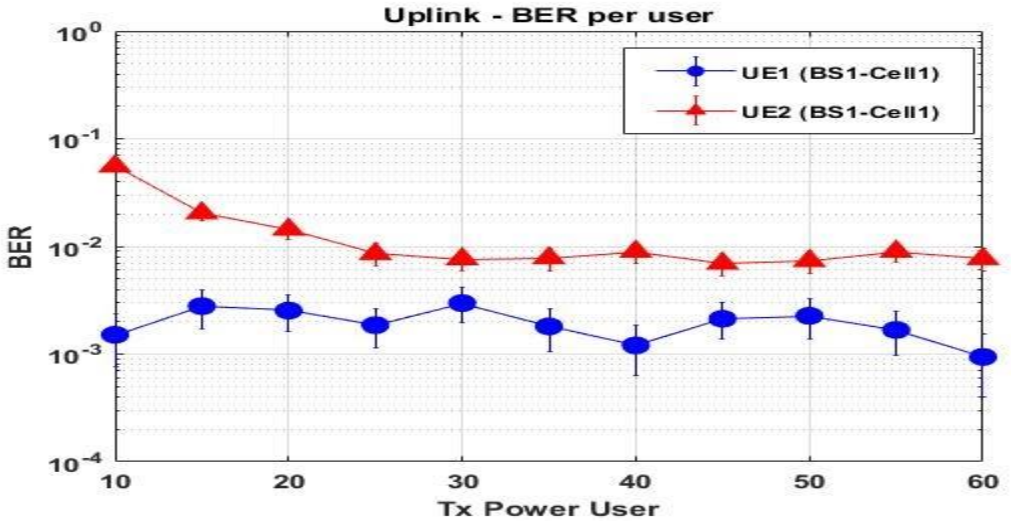
4. النتائج والمناقشة

يُقدم هذا القسم وصفًا عامًا موجزًا للمحاكاة، وسرداً للنتائج المتحصل عليها. فالهدف من المحاكاة هو الحصول على نتائج من حيث الإنتاجية، ومعدل الخطأ في البت، و كذلك معدل الخطأ في الإطار، ولكن هناك معامل من معاملات المحاكاة سيتم التركيز عليه ودراسة أثره على التداخل وهو شكل الموجة (Waveform)، حيث تم استخدام شكل موجة (OFDM) وهو شكل الموجة المُستخدم في شبكات الجيل الرابع، ومقارنة النتائج مع شكل موجة (FBMC) وهو أحد الأشكال الموجية الجديدة و الواعدة التي سيتم استخدامها في الأجيال القادمة من نظم اتصالات الهاتف المحمول.

أولاً نبدأ بمقارنة معدل الخطأ في البت مع قدرة إرسال المستخدم في الوصلة الصاعدة كما هو موضح في الشكلين (4- أ) و (4- ب) التاليين:



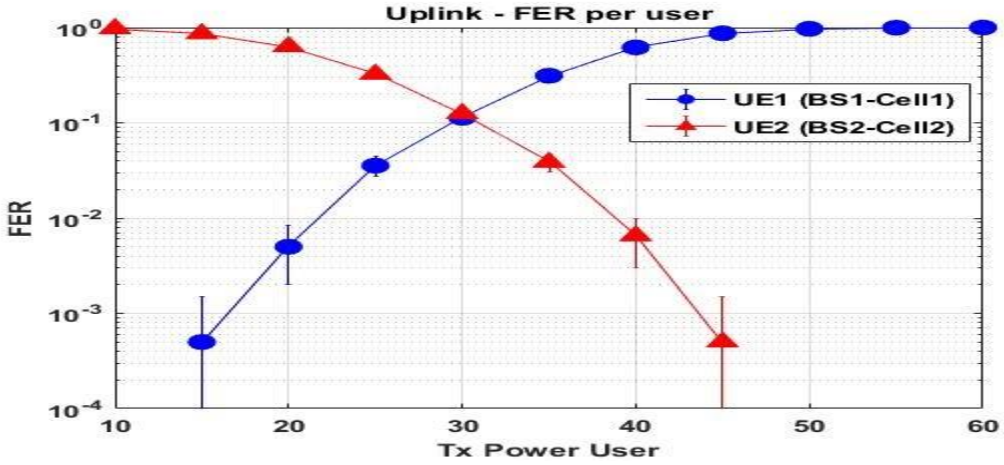
شكل (4- أ): معدل الخطأ في البت للوصلة الصاعدة باستخدام OFDM



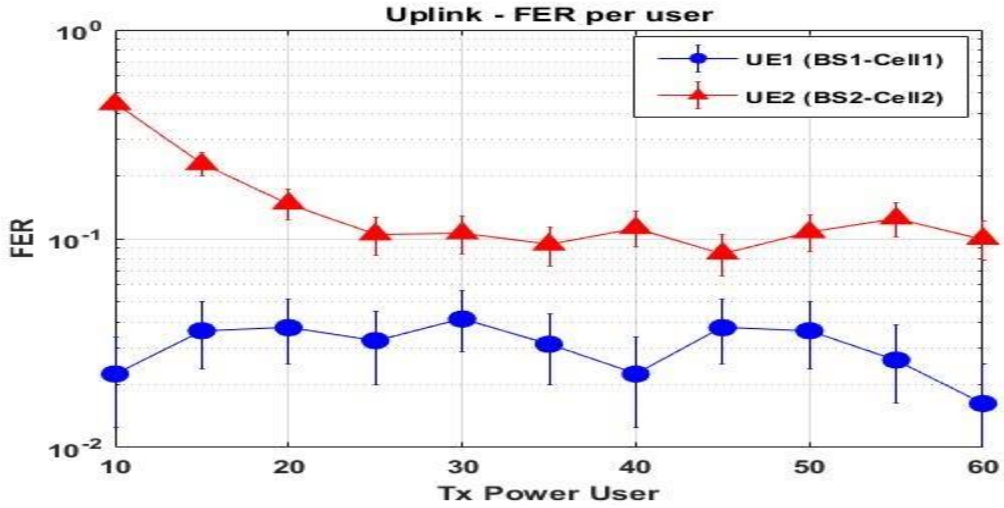
شكل (4- ب): معدل الخطأ في البت للوصلة الصاعدة باستخدام FBMC

من الشكل (4- ب) نلاحظ الحصول على نتائج أفضل منها في الشكل (4- أ). ومن خلال المنحنيات بالشكل (4-أ) يمكن ملاحظة أنه عند استخدام شكل الموجة OFDM، ازداد معدل الخطأ في البت للمُستخدم الأساسي بقيمة تقريبية من 10^{-4} عندما كانت قدرة المستخدم 10 dB إلى قيمة 10^{-1} عند الزيادة في القدرة تدريجياً إلى 60 dB، وذلك بسبب تأثير التداخل الناتج عن المُستخدم الثانوي. أما عند استخدام شكل الموجة FBMC نلاحظ تَحسن في معدل الخطأ في البت للمستخدم الأساسي بقيمة تقريبية وشبه ثابتة وهي 10^{-3} عند قيم القدرة من 10 dB إلى 60 dB، وبالتالي بالمقارنة بين الشكلين (4-أ) و (4-ب) يمكن ملاحظة انخفاض تأثير التداخل الناتج عند استخدام شكل الموجة FBMC بشكل كبير عنه عند استخدام شكل الموجة OFDM.

ولكي تكون النتائج السابقة أكثر موثوقية، فقد تم أيضاً دراسة ومقارنة معدل الخطأ في الإطار مع قدرة إرسال المُستخدم في الوصلة الصاعدة كما موضح في الشكلين (5- أ) و (5- ب) التاليين، وقد تم الحصول على نتائج مقاربة جداً للنتائج السابقة.



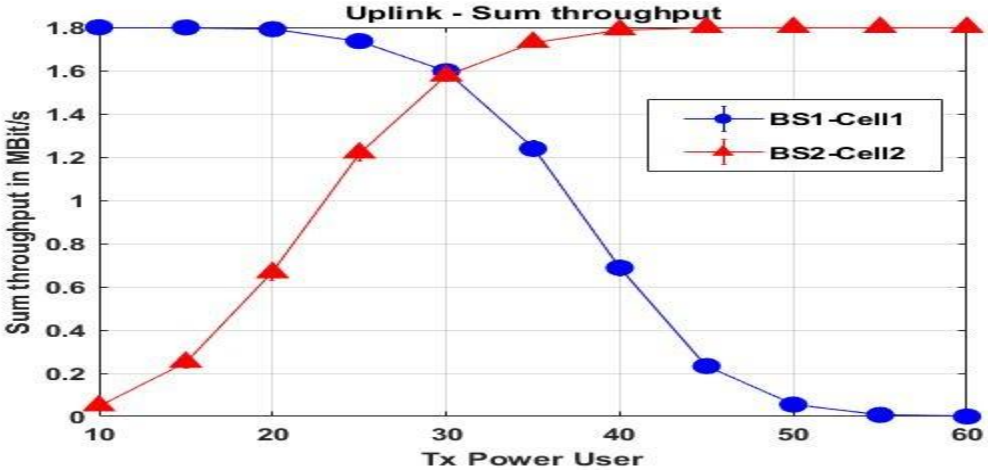
شكل (5- أ): معدل الخطأ في الإطار للوصلة الصاعدة باستخدام OFDM



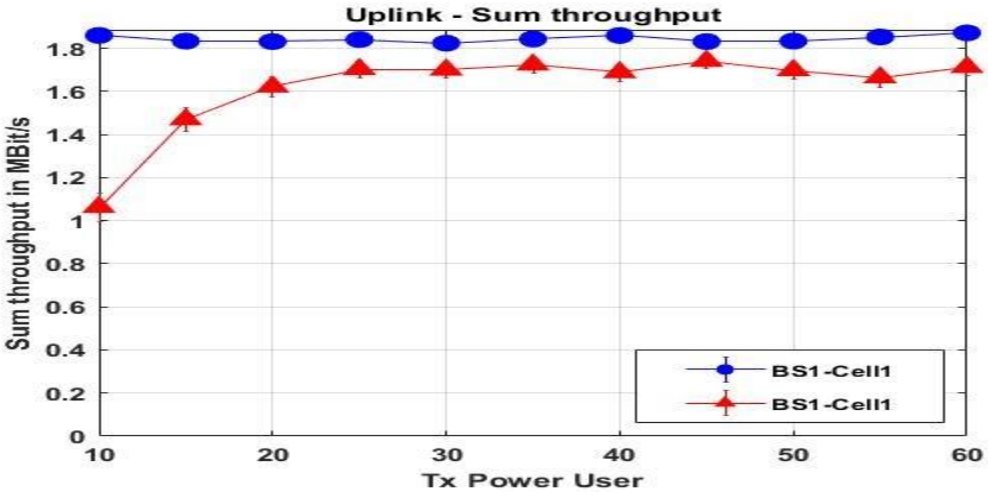
شكل (5- ب): معدل الخطأ في الإطار للوصلة الصاعدة باستخدام FBMC

بمقارنة الأشكال (4- أ) مع (5 – أ)، وكذلك (4 – ب) مع (5- ب) نلاحظ الحصول على نتائج متقاربة جدا لقياس كلاً من BER و FER. حيث يتبين لنا أنه عند استخدام شكل الموجة FBMC في كلتا الحالتين يمكن ملاحظة تَحسُّن في معدل الخطأ للمُستخدم الأساسي وانخفاض تأثير التداخل بشكل كبير جداً على عكس النتائج المتحصل عليها في حال استخدام الشكل الموجي OFDM.

أخيراً، تمت دراسة و مقارنة إجمالي الإنتاجية (Throughput Sum) مع قدرة إرسال المُستخدم في الوصلة الصاعدة كما موضح في الشكلين (6- أ) و(6- ب) التاليين:



شكل (6- أ): الإنتاجية للوصلة الصاعدة باستخدام OFDM.



شكل (6- ب): الإنتاجية للوصلة الصاعدة باستخدام FBMC.

من الشكل (6- ب) نلاحظ الحصول على نتائج أفضل منها في الشكل (6- أ)، حيث يتبين لنا أنه عند استخدام شكل الموجة OFDM ومع الزيادة في قدرة المُستخدم الثاني من 10 dB إلى 40 dB تزداد الإنتاجية لهذا المُستخدم من قيمة الصفر إلى حوالي 1.8Mb/s التي يثبت عندها إجمالي الإنتاجية بالرغم من زيادة قدرة المُستخدم تدريجياً للقيمة 60 dB. أما في المحطة القاعدية الأولى فيحدث انخفاض للإنتاجية إلى أن تصل إلى الصفر وهذا ناتج من تأثير التداخل الناتج عن المُستخدم الثاني (أي تداخل المُستخدم الأول مع الثاني). أما عند استخدام شكل الموجة FBMC نلاحظ تحسن كبير جداً في إجمالي الإنتاجية للمحطة القاعدية الأولى و الثانية، حيث يظهر انخفاض تأثير التداخل بشكل كبير. ومن الشكل (6-ب) يمكن ملاحظة أن الفارق الكبير في القيم المتحصل عليها لإجمالي الإنتاجية لكلا المُسْتخدِمَيْن عن القيم المُتحصل عليها في الشكل (6-أ)، حيث أن إجمالي الإنتاجية للمستخدم الأساسي لم يتأثر وبقيت قيمته

ثابتة حوالي 1.8 Mbps، وكذلك يحصل زيادة في قيمة إجمالي الإنتاجية (من 1Mbps إلى 1.6Mbps) مع الزيادة في القدرة للمُستخدم الثانوي (سبب التداخل).

5. الاستنتاجات و التوصيات

ارتكزت الدراسات في هذه الورقة على التداخل بين الخلايا عند تعدد الوصلات، وذلك في الوصلة الصاعدة فقط. ومن خلال معاينة النتائج لهذه الورقة تم ملاحظة عدة مشاهدات، حيث وُجد أن استخدام الشكل الموجي FBMC يُقلّل من معدل الخطأ في البت وكذلك معدل الخطأ في الإطار للمستخدم الأساسي، و ذلك بسبب عمل المرشح على تقليل التداخل الناتج من المستخدم الثانوي، و تعود هذه الميزة التي يُقدمها هذا المرشح للانبعاث الأقل خارج النطاق فهو أقل بكثير مقارنةً باستخدام الشكل الموجي OFDM والسبب الاخر هو الكثافة الرمزية القصوى التي يقدمها FBMC وذلك لعدم وجود البادئة الدوارة وبالتالي تحرير مساحة أكبر للبيانات. و كذلك أظهرت النتائج ازدياد معدل الإنتاجية باستخدام الشكل الموجي FBMC مقارنةً بالشكل الموجي OFDM، وذلك كما أشرنا في الفقرة السابقة بسبب تقليل التداخل بين المستخدمين. ومن خلال هذه الدراسة التي تم إجراؤها في هذه الورقة فإننا نوصي بمحاكاة و مقارنة الأشكال الموجية الأخرى والمُقترح استخدامها في الجيل الخامس، ودراسة مدى تأثيرها على التداخل بين الخلايا عند تعدد الوصلات في نظام الراديو الجديد (الجيل الخامس).

6. المراجع

[1] PARNIKA KANSAL, ASHOK KUMAR SHANKHWAR, “FBMC VS OFDM WAVEFORM CONTENDERS FOR 5G WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM”, WIRELESS ENGINEERING AND TECHNOLOGY, 2017, 8, 59-70.scirp.org/journal/wet

[2] م. محمد رزق عساف، "دراسة وتحسين أداء نظام FBMC/OQAM في قنوات اتصال انتقائية التردد"، أطروحة ماجستير، المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا، سوريا.

[3] R. W. Chang, “Synthesis Of Band-Limited Orthogonal Signals For Multichannel Data Transmission,” Bell System Technical Journal, Vol. 46, Pp. 1775- 1796, December 1966.

[4] Saltzberg, B. (1967), “Performance Of An Efficient Parallel Data Transmission System”. Ieee Transactions On Communication Technology, 15, 805-811. doi.org/10.1109/tcom.1967.1089674

[5] Stefan Pratschner, Bashar Tahir, Ljiljana Marijanovic, Mariam Mussbah, Kiril Kirev, Ronald Nissel, Stefan Schwarz ,And Markus Rupp, "Versatile Mobile Communications Simulation The Vienna 5g Link Level Simulator", https://arxiv.org/abs/1806.03929 , Seen In 28/03/2021/12:34:11.

[6] Stefan Pratschner, Bashar Tahir, Ronald Nissel, Ljiljana Marijanovic, Mariam Mussbah, Kiril Kirev, Stefan Schwarz And Markus Rupp, “The Vienna 5g Link Level Simulator V1.2”, nt.tuwien.ac.at/wpcontent/uploads/2020/05/5gll_usermanual.pdf, Seen In 27/03/2021 /19:25:03.

STUDY AND SIMULATION OF THE EFFECT OF THE WAVEFORM (FBMC) ON THE INTERFERENCE BETWEEN CELLS AT MULTIPLE LINKS IN THE NEW RADIO SYSTEM COMPARED TO THE WAVEFORM (CP-OFDM)

Mohamed. Abdurrahim[1], Sirag. Alsheltat[2], Mohamed. Elgubbi[3], Anas. Alhaloub[4]

[1]*Engineering Faculty, Misurata University, Misurata, Libya, mohamed.abdurrahim@eng.misuratau.edu.ly*
[2]*Engineering Faculty, Misurata University, Misurata, Libya, sirajalsheltat@eng.misuratau.edu.ly*
[3]*Engineering Faculty, Misurata University, Misurata, Libya, mohamed.elgubbi@eng.misuratau.edu.ly*
[4]*Engineering Faculty, Misurata University, Misurata, Libya, a.alhalob@eng.misuratau.edu.ly*

ABSTRACT

With the increasing development of smart devices and mobile phones in recent years, the demand for high transmission rates for wireless communication systems, especially cellular communication systems, has increased. And as we know that in order to raise the rates of information transmission in cellular systems, more spectral sources must be used, which in turn led to the widening of the transmission packet width for these systems. For this reason, the multi-carrier technology is a solution to the frequency selectivity problem that single-carrier modulation suffers from. In this paper, a MATLAB-based wireless and cellular network simulation tool and the use of object-oriented programming methods are used to study and simulate intercellular interference at multiple links in a new radio (5th generation) mobile phone system. Where the study was conducted by comparing two types of waveforms (CP-OFDM) and (FBMC), through both throughput, Bit Error Rate (BER), as well as the frame error rate (FER). The results obtained from the simulation showed that the waveform (FBMC) could be a more effective solution. It increases the throughput rate and reduces the bit error rate and frame error rate for the primary user compared to the OFDM waveform.

***Keywords**:*
Throughput.
Intercellular interference.
Fifth generation (5G).
OFDM-CP waveform.
FBMC waveform.

[*]*Corresponding Author Email: mohamed.abdurrahim@eng.misuratau.edu.ly*