تحسين أداء شبكات الجيل الرابع 4G بتطوير تخصيص الموارد في اتصالات D2D

ملخص:

يعتبر تحسين جودة الخدمة في شبكات الاتصال الحديثة أهم التحديات التي تواجه مزودي الخدمة نظراً للتزايد الكبير لعدد المشتركين ومحدودية الموارد المتاحة، وتزايد الطلب على الخدمات عريضة الحزمة التي تقدمها هذه الشبكات وبسرعات وجودة خدمة ترضي رغبات المشتركين.

وتعتبر زيادة السعة أهم متطلبات جودة الخدمة حيث ساهمت مؤخراً تقنية D2D في تحسين أداء الشبكات الخليوية وزيادة سعتها مع دعم أفضل لجودة الخدمة لمقدرتها على توفير موارد أكثر والمساهمة في تحسين سوية الخدمات المقدمة.

في هذا البحث تم التركيز على تخصيص الموارد في اتصالات D2D، وذلك بدراسة تقنية الوصول OFDM المعتمدة في الجيل الرابع 4G وتضمينها بنظام D2D بغرض زيادة السعة وبالتالي تحسين جودة الخدمة من خلال دعم المشتركين وتحسين تجربتهم في الوصول للتطبيقات عريضة الحزمة.

تعتمد الخوارزمية الجديدة في تخصيص الموارد على تقسيم الخلايا إلى مجموعة من الحلقات يخصص بعضها للاتصالات الخليوية وبعضها الآخر لاتصالات D2D بحيث يتم تقاسم الموارد وإعادة استخدامها بطريقة أكثر مرونة وفعالية وحدود دنيا للتداخل ، حيث بينت النتائج امكانية زيادة السعة مع زيادة عدد الحلقات وتقليل التداخل.

كلمات مفتاحية :

جودة الخدمة ، السعة ،الفاعلية الطيفية ، اتصالات جهاز لجهاز ، التداخل.

Improving performance of 4G networks by developing allocating resources in D2D Communications

Summary :

Improving the quality of service in modern communication networks is the most important challenges facing service providers due to the large number of subscribers and the limited available resources, and the increasing demand for broadband services provided by these networks and at speeds and quality of service that satisfy the subscribers' desires.

The increase in capacity is the most important service quality requirement, as D2D technology recently contributed in improving the performance of cellular networks and increasing their capacity with better support for quality of service because of its ability to

introduce more resources and contribute to improving the level of services provided.

In this paper, the focus was on resource allocation in D2D communications, by studying OFDM access technology in the fourth generation 4G with the use of D2D system in order to increase the capacity and thus improve the quality of service by supporting subscribers and improving their experience in reaching the broadband applications.

The new resource allocation algorithm relies on dividing the cells into a group of rings, some of which are allocated to cellular communications and others for D2D communications, so that resources are shared and reused in a more flexible and effective way with minimum interference limits. The results show the possibility of increasing the capacity while increasing the number of rings and reducing interference.

Keywords: QoS, capacity, Spectral efficiency, cellular network, D2D communication, interference.

قائمة الاختصارات

3GPP: 3rd Generation Partnership Project

4 G LTE: Fourth generation long term evolution

3G: third generation

BS: base station

CM: cellular mode

CP: cyclic prefix

D2D: device to device

LTE: long term evolution

OFDM: orthogonal frequency division multiplexing

QoS: quality of service

RB: Resource block

RN: relay node

SNR: signal noise ratio

SINR: signal interference ratio

UEs: user equipments

١- مقدمة:

عند إجراء اتصال بين مستخدمين في الشبكة الخليوية التقليدية، تنتقل الرسائل من المرسل وتمر من خلال المحطة القاعدية BS ومن ثم تصل إلى المستقبل، و عند تفعيل الاتصالات D2D يمكن للرسائل الانتقال مباشرة من المرسل إلى المستقبل دون المرور بالمحطة القاعدية، وبما أن الاتصالات D2D تستند إلى الاتصالات الخليوية، فإنها خاضعة لتحكم المحطة القاعدية، وهذا يعني أن المحطة القاعدية تعرف متى يبدأ الاتصال ومتى ينتهي، ويمكنها التحكم دوماً بهذا النوع من الاتصالات .

اهتمت العديد من الدراسات باتصالات D2D حيث تم اقتراح مخططات لتوفير الطاقة في[1]، في حين تمت دراسة مخطط للاتصالاتD2D بكفاءة الطاقة جنبا إلى جنب مع تخصيص الموارد في [2] وفي [3] يشارك مستخدمو D2D أيضا مورد الوصلة الصاعدة مع المستخدمين الخليويين .

أما في [4] تم تقديم طريقة جديدة لتخصيص الموارد حيث يمكن لزوجD2D إعادة استخدام موارد أكثر من مستخدم خلوي واحد .

أما في [5] فقد تم اقتراح طريقتين جديدتين لتخصيص الموارد:

تتمثل أحدها في أن الاتصالات D2D تشترك في نفس الموارد مع المستخدمين الخليويين ويمكن أن تكون الموارد إما موارد للوصلة الصاعدة أو الوصلة الهابطة .

أما الطريقة الثانية فتستخدم الموارد بشكل متعامد مع المستخدمين الخليويين، مما يعني أنه لا يوجد تداخل في الطيف .

في [6] تدرس تقنيات الوصول المتعدد التي تستخدم للسماح لعدة مشتركين في الشبكة الخليوية باستخدام كمية محدودة من الطيف الراديوي في وقت واحد .

وبالتالي فإن الاتصالات D2D هي الطريقة التي يمكن بها لجهازين التواصل مع أو بدون محطة القاعدة (BS) من أجل تحسين معدل نقل البيانات بين المستخدمين والأجهزة القريبة. حيث يهدف البحث إلى تطوير خوارزمية لزيادة موارد الخلية باستخدام تقنية الاتصالات D2D ضمن الشبكات الخليوية وذلك بدراسة السعة وطرق زيادتها.

وقد تمت نمذجة الشبكة المدروسة وحساب الفاعلية الطيفية لعدة نماذج باستخدام برنامج المحاكاة MATLAB، حيث تشير UE إلى تجهيزات المستخدم، وتتيح المحطة القاعدية لأكثر من جهاز UE التواصل مباشرة مع بعضها البعض مع الاحتفاظ ببعض التحكم والإشراف على وصلة D2D وذلك للحد من التداخل .

تم في هذا البحث وضع نموذج للشبكة المدروسة ، يحتوي نموذج النظام على الجزء الداخلي والجزء الخارجي حيث يتألف الجزء الداخلي من تجهيزات المشتركين التقليدية التي تتواصل عبر المحطة القاعدية بينما يتألف الجزء الخارجي من تجهيزات مستخدميD2D معينه متجاورة ضمن المسافة المحددة .

يتم تخصيص العدد المحدود من المصادر في الجزء الخارجي من الخلية لمستخدميD2D وعدد المصادر في الجزء الداخلي يوزع في خلية صغيرة وبذلك يتم تخفيض كتلة الموارد من خلال تطبيق طريقة تقاسم الموارد المتاحة، حيث نقوم بتقسيم الخلية الواحدة إلى حلقات متعددة، ونحسب سعة النظام والفاعلية الطيفية آخذين بالاعتبار تحسين أداء الشبكة المدروسة.

٢- خوارزميات تخصيص الموارد في الاتصالاتD2D

وضعت سابقاً عدة خوارزميات لتخصيص وجدولة الموارد لتجهيزات المستخدمين ومن هذه الخوارزميات .

- **خوارزمية تخصيص الموارد الموجهة من خلال السعة** [9]:

(CORAL: Capacity Oriented Resource Allocation)

تعتمد هذه الخوارزمية نمط النظام الخليوي مع عدد من المستخدمين الخليويين وأزواج D2Dمتعددة لتحقيق سعة عالية أي أن CORAL تسمح لكل مستخدم D2D تشارك موارد أكثر من مستخدم خلوي واحد مما يساهم في تحسين السعة ، وتنقسم عملية تخصيص الموارد لهذه الخوارزمية إلى مرحلتين .

- المرحلة الأولى: CORAL يسمح لكل زوج D2D لاختيار المستخدم الخلوي الأمثل من مجموعة من المستخدمين الخليويين المرشحين من أجل ضمان تخصيص كل زوج D2D موارد مستخدم خلوي واحد على الأقل . وتحدد أولوية لكل زوج D2D استنادا إلى المسافة أو ربح القناة بين الزوج D2D والمحطة القاعدية .وكلما كانت المسافة أصغر، تكون الأولوية والأفضلية لزوج D2D أكبر، ويمكن لآلية تخصيص الأولوية هذه أن تساعد في معالجة الحالة التي يكون فيها للأزواج D2D المختلفة نفس المستخدم الخلوي الأمثل، وفي هذه الحالة فإن أزواج D2D المختلفة ستختار في نفس الوقت نفس المستخدم نفسه ، مما قد يسبب تداخلا بين أزواج D2D المختلفة وتداخل أكبر على المستخدم الخلوي الأمثل.
- المرحلة الثانية: تسمح الخوارزمية لكل مستخدم خلوي لا يزال غير مشارك بواسطة زوج D2Dفي المرحلة الأولى لاختيار زوج D2D الأمثل ، إذا كان المستخدم الخلوي المتبقي يقع داخل منطقة الزوجD2D ، فإنه لا ينبغي اختيار هذا الزوج D2D . وسيختار المستخدم الخلوي المتبقي زوج D2D مع ربح أقل للقناة بين المستخدم الخلوي والمرسل D2D من أزواج D2D التي لا تغطي مناطقها هذا المستخدم الخلوي.

تعمل هذه الخوارزمية على تخصيص الموارد من خلال تقاسم موارد المستخدمين الخلويين.

- **خوارزمية تخصيص الموارد بجدولة التقسيم الزمني** (Time Division Scheduling Resource Allocation Algorithm) [10].

في هذه الخوارزمية، يقدم إطار جدولة لتقسيم الزمن لاستيعاب المزيد من مستخدمي D2D حيث تنقسم فترة جدولة المحطة القاعدية إلى مجموعة من الفترات الزمنية ذات طول ثابت.

تقوم المحطة القاعدية خلال كل فترة جدولة بالكشف عن مستخدمي D2D المحتملين والحصول على معلومات عن حالة القناة (CSI) على كافة الوصلات، واستناداً إلى المعلومات المكتشفة، سيتم تعيين مجموعة من أزواج D2D لكل فاصل زمني ثم تخصص موارد المستخدمين الخليويين للمشاركة مع أزواج D2D في بداية كل فترة جدولة، وفي كل فاصل زمني، لن يتم اتصال سوى أزواج D2D المخصصة لهذه الفترة عن طريق تشارك الموارد الخليوية المخصصة .وباستخدام هذا الإطار لتقسيم الفترات الزمنية، سيوزع عدد كبير من المستخدمين D2Dعلى فترات زمنية مختلفة للاتصال بحيث يتمكن النظام من استخدام موارده الطيفية بكفاءة أكبر واستيعاب المزيد من المستخدمين منD2D .

وتعتمد الخوارزمية المقترحة على :

- تخصيص زوج D2D لكل فاصل زمني (تعيين مجموعة من أزواج D2D من N زوج D2Dلكل فاصل زمني).
- تخصيص كتلة موارد لكل فترة (RB) (تخصيص ال RB للمستخدمين الخليويين مع زوج D2D في الفترة الزمنية .

٣- السعة في الشبكات الخليوية :

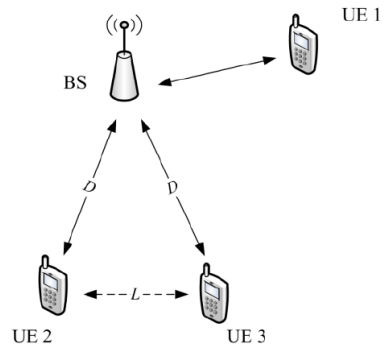
تعرف السعة على أنها مقدار حركة البيانات العظمى التي يمكن أن تتعامل معها الشبكة في وقت واحد ، فالسعة العالية تعني أن الشبكة يمكنها التعامل مع المزيد من المستخدمين في وقت واحد و حركة البيانات تكون أكبر مع أكبر عدد من المشتركين الذين يمكنهم استخدام الشبكة وتقاسم مواردها بجودة خدمة مقبولة .

وفي الشبكات الخليوية، تؤدي سعة النظام الكبيرة دوراً كبيراً في تحسين نوعية الخدمة خلال عمليات الاتصال بين المستخدمين، وبما أن زيادة سعة النظام هي الأساس لتحسين جودة الخدمة بالنسبة للمستخدمين فقد تم من خلال [11] دراسة بعض الطرق التي يمكن استخدامها لتحسين سعة النظام في الشبكة الخليوية التي لا تقتصر على القفز الترددي، والتحكم في الطاقة، و microcells ، وبرامج الترميز ، وإدخال هوائيات تكيفية في المحطة القاعدية .

تم في [12] دراسة امكانية استخدام وصلات D2D مع نظام تعدد الإرسال بتقسيم التردد المتعامد OFDM مع الحفاظ على مستويات محددة للتداخل .

٤- تحليل وتصميم الشبكة المدروسة

تتكون الشبكة المدروسة من خلية مفردة ، وفيها مستخدم خلوي وزوج D2D كما يظهر في الشكل (2) حيث تم التركيز على تقاسم الموارد بين الشبكة الخليوية-3GPP LTE وشبكة الاتصالات D2Dالمضمنة معها [9] .



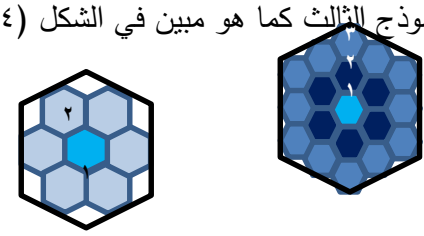
الشكل (2) نموذج لنظام اتصالات D2D ضمن شبكة خلوية

في النموذج المقترح، سيتم تقسيم الخلية المفردة إلى حلقات متعددة بحيث تتكون كل حلقة من خلايا صغيرة متعددة حيث تم استخدام ثلاثة أنماط مع هذا النموذج كما هو مبين في الشكل (3) والشكل (4).

يحتوي النمط الأول على حلقتين، والنمط الثاني على ثلاث حلقات [13]، والنمط الثالث المقترح على أربعة حلقات ، ثم نحدد عدد الخلايا الصغيرة الموجودة في كل نمط وتصميم طريقة تخصيص الموارد لكل نمط، وللاعتبارات المذكورة سابقاً عن أهمية زيادة السعة كأساس لتحسين جودة الخدمة في الشبكة الخليوية ، فقد تم التركيز على حساب السعة في حالتين : الأولى تعدد الارسال بتقسيم التردد المتعامد OFDM المعتمد في نظام LTE مع اتصالات D2D وفي الحالة الثانية تم حساب السعة لنظام OFDM بدون اتصالات D2D .

وبما أن الهدف هو تحسين جودة الخدمة في الشبكة الخليوية عن طريق زيادة السعة ، فقد تم التركيز على حساب سعة النظام مع نمط تعدد الإرسال بتقسيم التردد المتعامد OFDM المعتمد في نظام LTE مع اتصالات D2D وبدونها .

يتم تقسيم خلية واحدة إلى حلقتين في النموذج الأول وثلاث حلقات في النموذج الثاني وأربع حلقات في النموذج الثالث كما هو مبين في الشكل (٤).

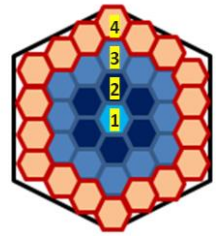


الشكل (3) تقسيم الخلية إلى حلقتين وثلاث حلقات [14]

في نموذج الحلقتين، يتم تواصل المستخدمون في الحلقة ١ عن طريق ال BS و في الحلقة٢ عن طريق الاتصال D2D.

بالنسبة لنموذج الثلاث حلقات في الحلقة١ والحلقة٢ يتم استخدام BS للاتصال و في الحلقة٣ يتم استخدام اتصالات D2D[13].

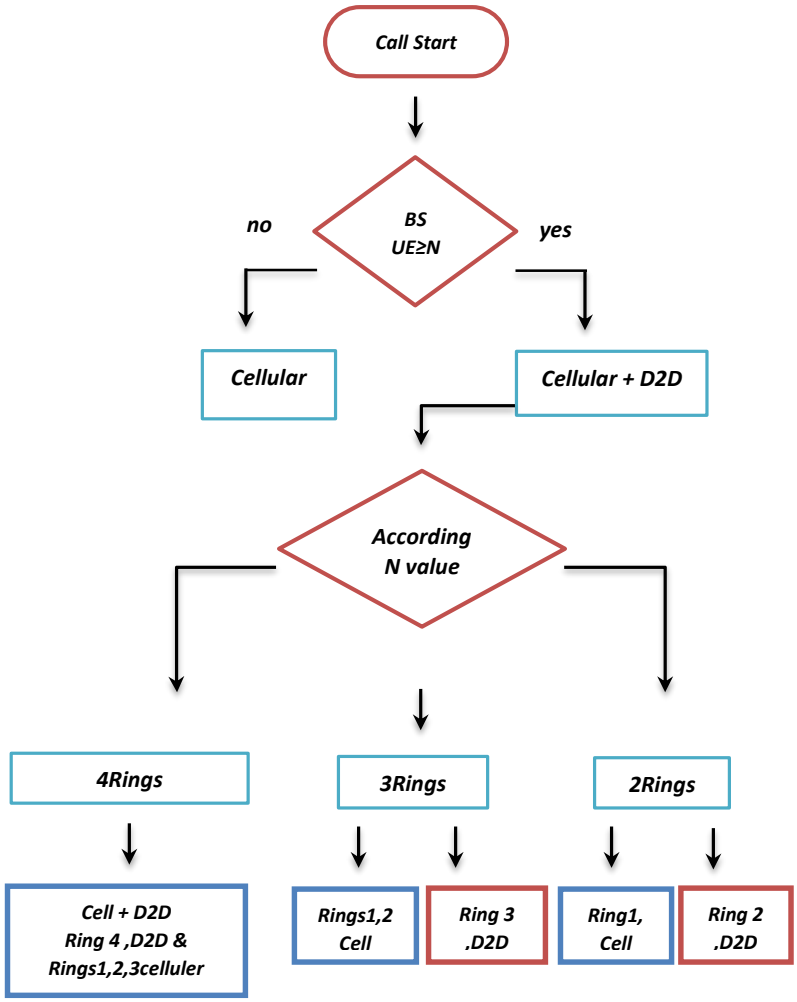
أما في النموذج المقترح نقوم بتقسيم الخلية إلى أربع حلقات بحيث يمكن أن نستخدم نمطي الاتصال ونحصل على M=18 خلية جزئية (الخليوي و D2D) .



الشكل (4) تقسيم الخلية إلى أربع حلقات

يوضح الشكل (4) الحصول على أربعة حلقات حسب النمط المقترح وهو ما يقسم الخلية إلى M=18 خلية جزئية يمكن توزيع الموارد الراديوية بينها وبالتالي إعادة تخصيص الموارد وزيادة سعة الخلية ورفع مستوى الفاعلية الطيفية فيها .

يمكن توضيح عمل الخوارزمية المقترحة من خلال المخطط المبين في الشكل (٥) :



الشكل (5) المخطط الصندوقي لمراحل عمل الخوارزمية المقترحة

حساب السعة Capacity calculation

تعطى علاقة شانون لحساب السعة كما في المعادلة (1) حيث تكون c هي سعة الشبكة، B هي عرض النطاق الترددي .

$$C = B\ log_2(1 + SNR) \quad (1)$$

حيث SNR نسبة الإشارة إلى الضجيج و التي تعطى على النحو:

$$SNR = \frac{P_{signal}}{P_{noise}} \quad (2)$$

نقوم بحساب سعة السيناريوهات القائمة على OFDM ، كما هو مبين في المعادلة(3) [15]

$$C = \left(1 - \frac{\Delta}{T_S}\right) * B * log_2\left(1 + \frac{\rho}{\rho * f + 1}\right) \quad (3)$$

في المعادلة (3) نجد، Δهي البادئة الدورية ، Tsهي مدة رمز OFDM ، ρهي SINRعندما تستقبل كل السعة على مسار واحد ولا يوجد تداخل من خلايا أخرى و f هي نسبة إشارة الخلية المجاورة على إشارة الخلية المدروسة (سوية التداخل في الأقنية المتجاورة).

وتكون السعة بالنسبة إلى OFDM، على النحو التالي:

حساب سعة الشبكة الخليوية فقط كما هو موضح في المعادلة (4)، وتحسب السعة في الشبكة الخليوية مع D2D في المعادلة (5) [16].

$$C = B(1 - CP)log_2\left(1 + \frac{SNR_{cell}}{SNR_{cell} * f + 1}\right) \quad (4)$$

$$C = (1 - a)B(1 - CP)log_2\left(1 + \frac{SNR_{cell}}{SNR_{cell} * f + 1}\right) + MaB\ log_2\left(1 + \frac{SNR_{d2d}}{SNR_{d2d} * f + 1}\right) \quad (5)$$

نأخذ بعين الاعتبار كل الحالات، أي خلية واحدة تنقسم إلى حلقتين وثلاث حلقات وأربع حلقات على التوالي .

حيث a النسبة المئوية لعرض المجال الترددي المخصص لـ UE_{D2D}

B عرض المجال الترددي الإجمالي

N عدد إجمالي المستخدمين UE.

M هو عدد الخلايا الصغيرة

وقد تم حساب السعة في حالتين.

الأولى هي السعة عندما يستخدم جميع المستخدمين الشبكة الخليوية.

الثانية هي عندما يستخدم جزء من المستخدمين الاتصالات الخليوية بينما يستخدم البقية الاتصالات D2D وذلك تبعاً لتوزعهم في حلقات الخلية.

حساب الفاعلية الطيفية Spectral efficiency calculation [14]

يمكن تعريف الفعالية الطيفية أو فعالية عرض الحزمة بمعدل نقل المعطيات في واحدة عرض الحزمة المحجوز.

Spectral efficiency = net data rate in bps / Channel Bandwidth in Hz

$$\eta_s = \frac{R_s H}{B} \left[\frac{bits/s}{Hz}\right] \qquad (10)$$

حيث :

R_s معدل الرموز .

H الأنتروبية المتضمنة الرمز ، وهي متوسط كمية المعلومات في الرمز الواحد .

B عرض الحزمة المحجوز.

وفي حالة استخدام تعديل M–ary تعطى قيمة H بالعلاقة $H = log_2 M$ وواحدتها $[\frac{bits}{symbol}]$

٣- المحاكاة

يبين الجدول (١) محددات المحاكاة لكل السيناريوهات المعتمدة في تقنية OFDM.

الجدول (١) أهم البارامترات المستخدمة في المحاكاة

Parameter	Symbol	Value
Bandwidth	B	10 MHz

Range of cell signal – low	f	0.2
Range of cell signal – high	f	0.8
Number of D2D cell in case 1	M	6
Number of D2D cell in case 2	M	11.875
Number of D2D cell in case ٣	M	١٨
Percentage of dedicated BW for D2D	a	0.1
Cyclic prefix percentage	CP	0.05
SNR of cellular users	SNR_{cell}	0 to 10
SNR of D2D users	SNR_{d2d}	10 to 20

حيث تتغير قيمة Mوالمعبرة عن الخلايا الجزئية التي من الممكن أن تعيد تخصيص الموارد اعتماداً على اتصالات D2D .

بعد ذلك تم إجراء المحاكاة ورسم المنحنيات المعبرة عن الفاعلية الطيفية بدلالة النسبة SNR، باعتبار أن السيناريو ثنائي الحلقة له عدد مختلف من D2D UE عن السيناريو الثلاثي الحلقة وكذلك عن رباعي الحلقات.

بالنسبة للبارامتر f (سوية التداخل في الأقنية المتجاورة) و حيث أن اتصالات D2D يمكن تصنيفها في الشبكة الخلوية إلى كل من Inband D2D و Outband D2D بناءً على الطيف الذي تحدث فيه اتصالات D2D .

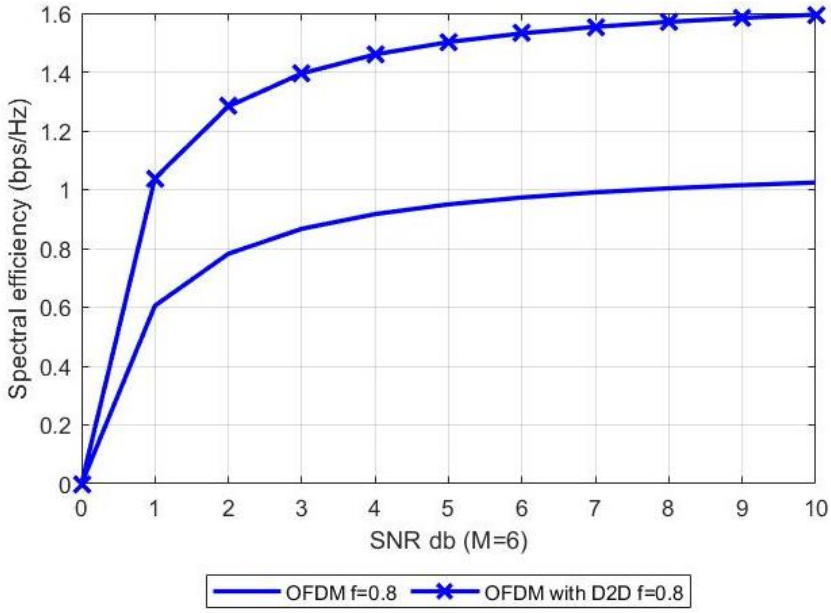
- تقنية Inband D2D تعمل ضمن المجال الترددي للخلية ذات ميزة العمل تحت تحكم وإشراف المحطة القاعدية ولكن يمكن هنا أن يحدث تداخل ضمن الأقنية المتجاورة ونعتبر ان قيمة مؤشر التداخل مرتفعة وتعطى $f=0.8$.
- تقنية OutbandD2D تعمل على ترددات خارج المجال الترددي للخلية وهنا تتميز بمستوى تداخل منخفض ضمن الاقنية المتجاورة ونعتبر ان قيمة مؤشر التداخل منخفضة وتعطى$f=0.2$.

ولإتمام المقارنة تم حساب السعة من أجل نظام OFDM مع D2D عندما يكون $f=0.8$, $f=0.2$ ومن ثم حساب الفاعلية الطيفية .

وبينت النتائج أن الفاعلية الطيفية تزداد مع تزايد SNRعموماً من أجل قيم f ,$f=0.8$ $=0.2$.

أيضاً تحسن واضح للفاعلية الطيفية وفق النمط (OFDM + D2D) مقارنة مع OFDM منفردة، بسبب إعادة استخدام الموارد من أجل الاتصال D2D في جميع خلايا D2D حيث يتم تحرير BS ومواردها المشاركة في عملية الاتصال .

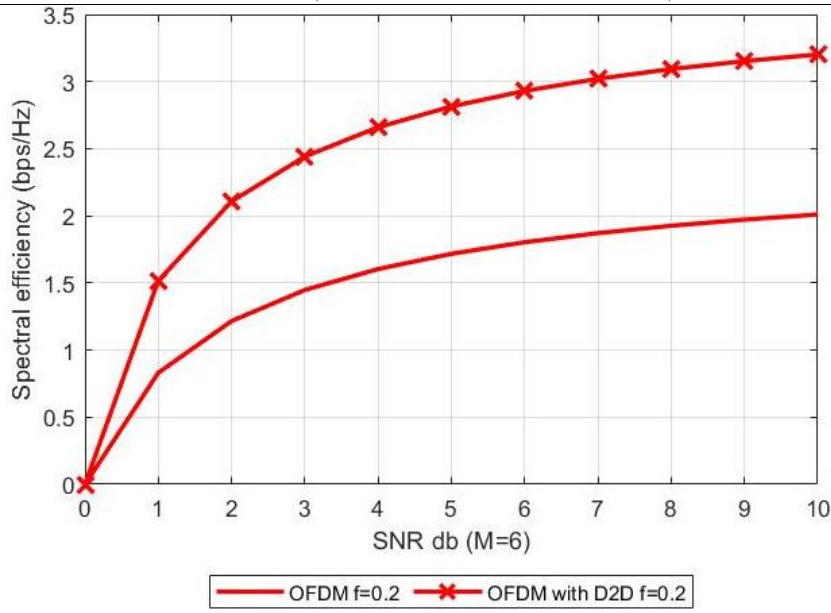
يبين الشكل (٦) أن الفاعلية الطيفية في نموذج الحلقتين تتزايد مع تزايد قيمة SNR .



الشكل (6) الفاعلية الطيفية في حالة استخدام D2D وبدونها من أجل نموذج الحلقتين

$f=0.8$

يبين الشكل (٧) حساب الفاعلية الطيفية في نموذج الحلقتين حيث أنها تتزايد مع تزايد قيمة SNR في حالة التداخل المنخفض حيث تحسنت مقارنة مع قيمة التداخل المرتفع .



الشكل (7) الفاعلية الطيفية في حالة استخدام D2D وبدونها من أجل نموذج الحلقتين $f=0.2$

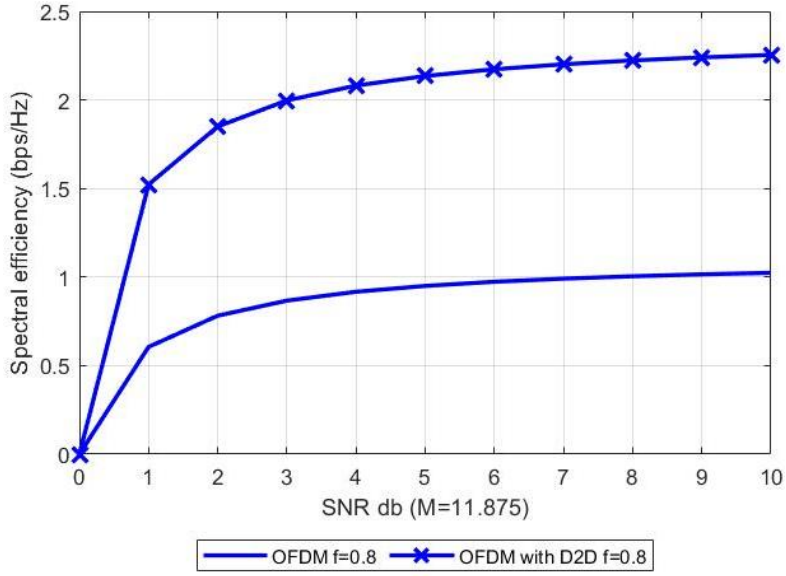
تتحسن الفاعلية الطيفية عموماً مع زيادة SNR في الحالتين مع D2D وبدونها ويبين الشكل (7) أن زيادة f (زيادة مستويات التداخل) يؤدي إلى تناقص واضح في الفاعلية الطيفية.

يتم استخدام BS لاكتشاف الأجهزة وللاتصال و بمجرد اتصال D2D UEs يتم تأمين موارد إضافية لل BS وبالتالي يمكن تأمين اتصالات UEs أخرى و استخدام الموارد المتوفرة .

تم في المرحلة اللاحقة إعادة حساب الفاعلية الطيفية لنمط الثلاث حلقات ، وتمت مقارنة الأداء من أجل حالة OFDM و حالة D2D+OFDM في كلتا حالتي $f=0.8$, و $f=0.2$.

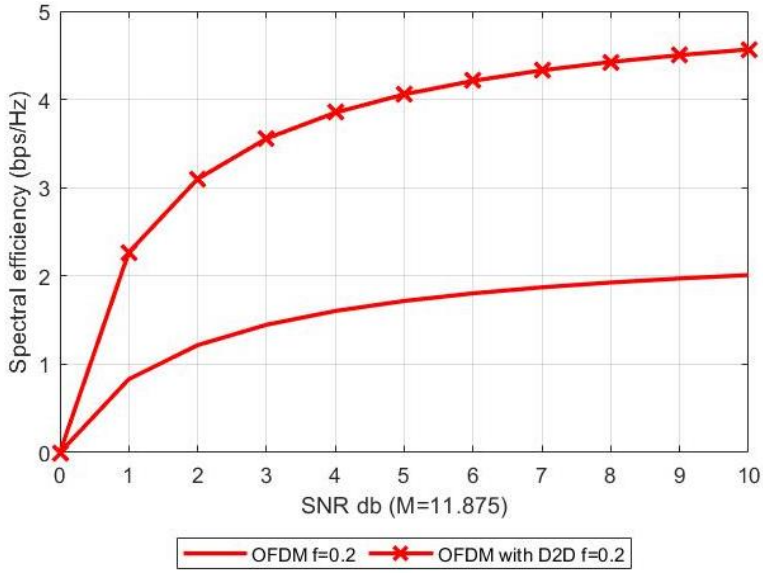
وكانت نتائج المحاكاة كما يبين الشكل (8) ,والشكل (9)تحسن كبير في الفاعلية الطيفية للنظام عند استخدام D2D ويظهر التحسن واضحاً من أجل قيم f المنخفضة .

الشكل (8) يبين نموذج الثلاث حلقات الذي يوضح تزايد الفاعلية الطيفية مع تزايد قيمة SINRمع الأخذ بالاعتبار حالة التداخل المرتفع .



الشكل (8) الفاعلية الطيفية للنظام OFDM مع D2D وبدونه في حالة نموذج ثلاث حلقاتf=0.8

الشكل (٩) يبين نموذج الثلاث حلقات الذي يوضح تزايد الفاعلية الطيفية مع تزايد قيمة SINRمع الأخذ بالاعتبار حالة التداخل المنخفض .



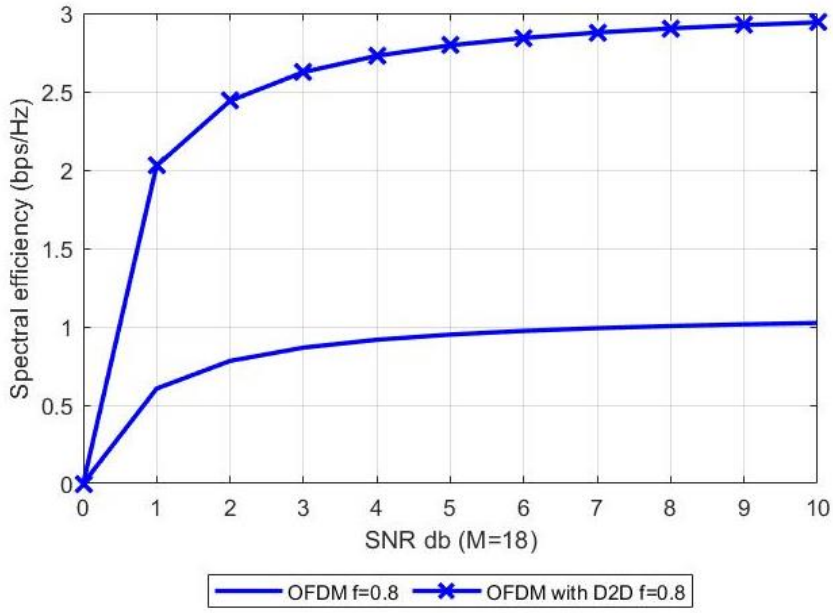
الشكل (9) الفاعلية الطيفية للنظام OFDM مع D2D وبدونه في حالة نموذج ثلاث حلقات$f=0.2$

بمقارنة نموذج الثلاث حلقات (حيث عدد الخلايا $M \cong 12$) نجد تزايد الفعالية الطيفية بمقدار 24% مقارنة مع نموذج الحلقتين (حيث $M \cong 6$) .

تبين النتائج أنه من أجل حالة ثلاثة حلقات تتزايد الفاعلية الطيفية حوالي الضعف في حالة استخدام D2D + OFDM عما هو عليه في حالة OFDM فقط .

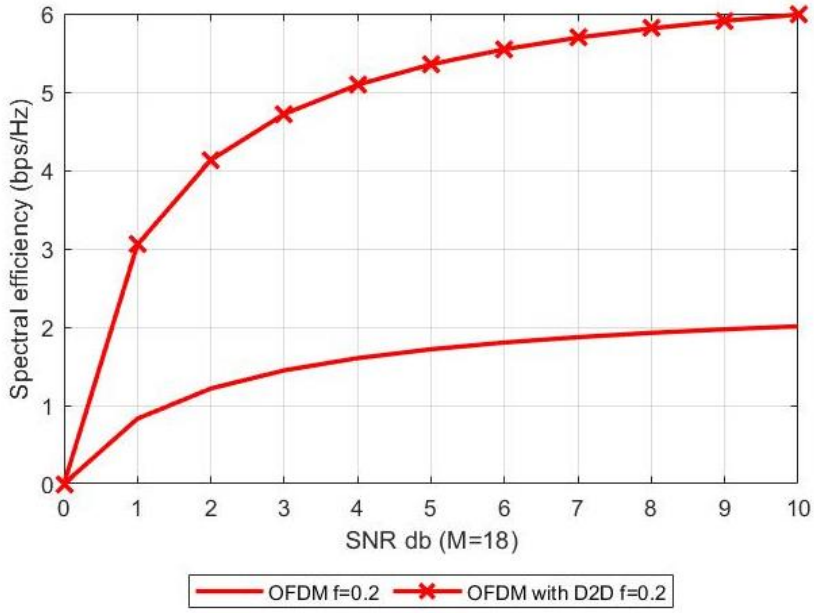
أخيراً تم حساب الفاعلية الطيفية من أجل حالة الأربع حلقات حيث عدد الخلايا (M=18).

يبين الشكل (11)، تزايد ملحوظ في الفاعلية الطيفية للنظام عند استخدام D2D وتزايد الفاعلية الطيفية أيضا مع تناقص قيمة f (المعبرة عن سوية التداخل في الأقنية المجاورة) مقارنة مع قيمة التداخل المرتفعة في الشكل (10).



الشكل (10) الفاعلية الطيفية للنظام OFDM مع D2D وبدونه في حالة نموذج أربع حلقات $f=0.8$

يبين الشكل (11) حساب الفاعلية الطيفية في نموذج الأربع حلقات حيث أنها تتزايد مع تزايد قيمة SNR في حالة التداخل المنخفض حيث تحسنت مقارنة مع قيمة التداخل المرتفع .



الشكل (١١) الفاعلية الطيفية للنظام OFDM مع D2D وبدونه في حالة نموذج أربع حلقات$f=0.2$

تتزايد الفاعلية الطيفية في نموذج الأربع حلقات (حيث $M = 18$ عدد الخلايا) مقارنة مع نموذج الثلاث حلقات (حيث $M \cong 12$ عدد الخلايا)

و نموذج الحلقتين (حيث $M \cong 6$).

حيث بينت النتائج زيادة الفاعلية الطيفية بمقدار 23% عند مقارنة نموذج الأربع حلقات لحالة D2D + OFDM عما هو عليه في الثلاث حلقات

٤- النتائج

تم دراسة الفاعلية الطيفية بناءً على سعة نظام LTE الذي يستخدم نظام OFDM مع تقنية D2D باستخدام خوارزمية مطورة لتخصيص الموارد المعتمدة على تقسيم الخلية لمجموعة حلقات حيث تخصص الحلقات القريبة من المحطة للاتصالات الخليوية والبعيدة عن المحطة لاتصالات D2D مما سمح بزيادة إعادة استخدام الموارد بصورة أكثر فاعلية.

وبينت النتائج زيادة الفاعلية الطيفية للنظام عند استخدام D2D عما هو بدون استخدامها، كما وبينت النتائج فعالية الخوارزمية المقترحة حيث أظهرت الدراسة:

تزايد الفاعلية الطيفية 50% في حالة استخدام OFDM+D2D مقارنة باستخدام OFDM فقط في الأنماط المدروسة وتصل إلى 60% في النمط المقترح.

٧- المراجع :

[1] On ASER analysis of energy efficient modulation schemes for a device-to-device MIMO relay network S Parvez, PK Singya, V

Bhatia - IEEE Access, 2019 - ieeexplore.ieee.org

[2] Energy-Efficient Device-to-Device Communications for Green Smart

Cities, IEEE Transactions on Industrial Informatics (Volume: 14, Issue: 4, April 2018)

[3] Interference-aware channel assignment and power allocation for

device-to-device communication underlaying cellular network, ABV-

Indian Institute of Information Technology and Management, Gwalior, India, Received 14 April 2019, Accepted 21 September 2019

[4] B. Wang, L. Chen, X. Chen, X. Zhang and D. Yang, "Resource

Allocation Optimization for Device-to- Device Communication Underlaying Cellular Networks", 2016 - ieeexplore.ieee.org

[5] Optimal duplex mode selection for D2D-aided underlaying cellular

networks C Du, Z Zhang, X Wang, J An - IEEE Transactions on

Vehicular ..., 2020 - ieeexplore.ieee.org .

[6] Sohrab Alam, Ashish Mittal, Mohd Gulman Siddiqui "Capacity

Improvement by Cell Splitting Technique in CDMA System over

Telecommunication Network" Department of Electronics & Communication Engineering, (A.S.E.T.), Amity University, Noida,

Uttar Pradesh, India 2017.

[7] A Survey of Device to Device and Cooperative Communication for

the Future Cellular Networks International Journal of Wireless Information Networks volume 27, pages411–432 (2020).

[8] Intensive Benchmarking of D2D communication over 5G cellular

Networks: prototype, integrated features, challenges, and main

Applications Wireless Networks volume 26, Published: 09 September

2019 .

[9] Resource Allocation for Device-to-Device (D2D) Communications of

Uplink Multi-Cell Networks, Conference: 2020 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC)

October 2020

[10] Task scheduling, resource provisioning, and load balancing on

Scientific workflows using parallel SARSA reinforcement learning

Agents and genetic algorithm The Journal of

Supercomputing volume 77, pages2800–2828 (2021)

[11] Spatial Methods for Increasing the Bandwidth of a Mobile Information Network. Published in: 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)

[12] Resource and Power Allocation for OFDM-Based Device-to-Device Communications in a Multicell Environment , Journal of Communications Technology and Electronics volume 65, pages532–540 (2020)

[13] Evaluation of model to enhance resource allocated for Device-to-Device Communication in cellular Networks – resource capacity analysis" Submitted by NDAGIJIMANA Adonia College of Science and Technology - School of Information and Communication Technology (SoICT) -June 2016

[14] A New Relation Between Energy Efficiency and Spectral Efficiency in Wireless Communications Systems, Montreal, Canada. DOI: 10.1109/MWC.2019.1800161

[15] Arash Asadi, Qing Wang and Vincenzo Mancuso “A Survey on Device-

to-Device Communication in Cellular Networks”, *Student Member,*

IEEE.2015

[16] C. H. Yu, K. Doppler, C. B. Ribeiro and O. Tirkkonen, “Resource Sharing

Optimization for Device-to-Device Communication Underlaying

Cellular Networks”, *IEEE Transactions on Wireless Communication*,

Vol. 10, No.8, AUG, 2017