Journal of Engineering Sciences and Information Technology
Volume (6), Issue (7) : 30 Dec 2022
P: 1 - 20

ISSN: 2522-3321

مجلة العلوم الهندسية وتكنولوجيا المعلومات
المجلد (6)، العدد (7) : 30 ديسمبر 2022م
ص: 1 - 20

Improving discovery rate in device-to-device (D2D) communications Using Power control technique

Essam Mohammad Asaad

Abd Alkareem Alsalem

Faculty of Mechanical and Electrical Engineering || Al-Baath University || Syria.

Abstract: The study focuses on the issue of choosing the best D2D pairs, which helps in increasing the number of pairs and reduces the burden of congestion on the cellular station, as the reuse of the frequency spectrum is one of the main challenges facing device-to-device communications, especially the issue of choosing D2D pairs with minimal interference and better Quality of Service QoS guarantee.

A cell is designed with randomly distributed devices and choosing D2D pairs that can communicate with securing an appropriate QoS using an algorithm based on resource reuse so that each DUE has an overlap on each other, and then using the power control algorithm with the D2D connection pair selection algorithm through Making the transmission capacity between cellular devices connected to the D2D technology proportional to the distance between them in a way that ensures the quality of communication without the need to raise the capacity to avoid interference with neighboring links, whether D2D or cellular links.

In order to reduce interference, this technology provides an increase in the value of SINR and an increase in the probability of meeting the appropriate conditions for establishing a D2D connection, thus freeing cell resources and increasing the quality of service.

Keywords: Quality of Service, Peer Discovery, Device-to-Device Communications, Interference.

تحسين معدل الاكتشاف في الاتصالات جهاز إلى جهاز (D2D) باستخدام تقنية التحكم بالاستطاعة

عصام محمد اسعد

عبد الكريم السالم

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية || جامعة البعث || سوريا

المستخلص: تركز الدراسة على مسألة اختيار الأزواج D2D بالشكل الأفضل مما يساعد في زيادة عدد الأزواج ويخفف عبء الازدحام عن المحطة الخليوية، حيث أن إعادة استخدام الطيف الترددي تعتبر من التحديات الرئيسية التي تواجه اتصالات جهاز إلى جهاز، وخاصة موضوع اختيار أزواج D2D مع الحد الأدنى من التداخل وأفضل ضمان لجودة الخدمة QoS.

تم تصميم خلية مع توزيع الأجهزة بشكل عشوائي و اختيار أزواج D2D التي يمكنها التواصل مع تأمين جودة خدمة مناسبة باستخدام خوارزمية تعتمد إعادة استخدام الموارد بحيث يكون لكل DUE تداخل أقل على بعضها البعض، ومن ثم استخدام خوارزمية التحكم بالاستطاعة مع خوارزمية تحديد أزواج الاتصال D2D وذلك من خلال جعل استطاعة ارسال الأجهزة الخليوية المتصلة بتقنية D2D

متناسبة مع المسافة فيما بينها بما يؤمن جودة الاتصال دون الحاجة لرفع الاستطاعة تجنباً لحدوث التداخل مع الوصلات المجاورة سواء D2D أو وصلات خليوية .
بغرض الحد من التداخل بحيث تؤمن هذه التقنية زيادة في قيمة SINR و زيادة احتمالية تحقق الشروط المناسبة لإنشاء اتصال D2D وبالتالي تحرير موارد الخلية وزيادة جودة الخدمة .

الكلمات المفتاحية: جودة الخدمة، اكتشاف النظير، اتصالات جهاز إلى جهاز، التداخل.

1- مقدمة:

تعتبر النظم اللاسلكية وبالأخص النقالة منها من أهم نظم الاتصالات التي تعمل على ربط النقاط المتباعدة فيما بينها وقد تطورت هذه النظم بشكل كبير بتقدم الزمن حتى أصبحت على درجة عالية من التعقيد والأدائية والجودة بحيث يعتمد عليها في كثير من التطبيقات سواءً مدنية أم عسكرية أم علمية.

وقد مرت الأنظمة الخليوية بعدة مراحل وظهرت عدة أنظمة حتى وصلنا إلى الجيل الرابع حيث صدرت عن 3GPP في العام 2008 التوصيات الفنية المتعلقة بالإصدار Release 8 الذي يعتمد تقنية جديدة لتبادل المعطيات بين الشبكة والمشترك عبر الرابط الراديوي .

تستند هذه التقنية التي تعرف باسم OFDM إلى استخدام حوامل ترددية متجاورة وعديدة لنقل الإشارة الراديوية ، ويتيح هذا المبدأ الوصول بمعدلات تبادل المعطيات إلى قيم تتجاوز 100Mbpsوقد اصطلح على تسمية هذه الأنظمة التي تعتمد هذه التقنية الجديدة ب " أنظمة الجيل الرابع " وذلك تحت اسم تقني هو LTE " Long Term Evolution .

يترافق التطور السريع المتزايد لتقنيات الاتصالات النقالة و الأجهزة الذكية، مع التزايد الكبير بحركة البيانات مما يستدعي استخدام أفضل لموارد الشبكة وزيادة سعتها، الأمر الذي سيطرح تحديات ومتطلبات أعلى على موارد الشبكة المحدودة، وستؤدي حركة المرور المتزايدة للبيانات إلى ازدحام في الشبكة، يترافق بتدني جودة الخدمة ، وانخفاض الكفاءة الطيفية.

ومع الانتشار الواسع لتقنية LTE –A، يتزايد التركيز والاهتمام بتقنيات من شأنها تحسين أداء الشبكة مثل اتصالات من جهاز إلى جهازD2D .

الاتصال من جهاز إلى جهازD2D هي تقنية اتصال، يسمح للأجهزة الخليوية المتجاورة بالاتصال ببعضها البعض مباشرة باستخدام الموارد الطيفية تحت إدارة الشبكات الخلوية.

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 .

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.

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.

لقد حظي الاتصال من جهاز إلى جهازD2D في الآونة الأخيرة باهتمام متزايد نظرًا لقدرته على تحسين جودة الخدمة الخليوية.

2- مشكلة البحث

من المتوقع أن تعمل منظومة اتصالات D2D التي تقوم عليها الشبكة الخلوية ضمن نفس منطقة التغطية لخلية موجودة من شبكة LTE-A وتشترك في نفس الطيف الخلوي. وبالتالي، فإن إعادة استخدام نفس الموارد الراديوية للمستخدمين الخلويين من قبل مستخدمي D2D يؤدي إلى تداخل متعدد المستويات لمستخدمي D2D فيما بينهم و مع مستخدمي الهواتف الخلوية.

عند إعادة استخدام RBs للوصلة الهابطة، يعاني مستخدمو D2D من تداخل من eNB بسبب شدة اشارتها ، و هذا يجعل من الصعب ضمان جودة خدمات D2D ، ويقلل SINR مما يؤثر بدوره على اتصالاتD2D .

لذلك يجب التخفيف من التداخل الذي يقدمه مستخدمو D2D ، حتى لا يتسبب في تعطيل الخدمة لمستخدمي الهواتف الخلوية القدامى.

3- فرضيات البحث

تتم الدراسة على نموذج خلية واحدة، حيث تقع المحطة الأساسية في مركز الخلية ويتم توزيع جميع تجهيزات المستخدم الخلوي CUEs بشكل موحد على منطقة الخلية.

بافتراض وجود زوج D2D واحد ومستخدمين خلويين N، على الرغم من إمكانية استخدام تحليل مماثل للسيناريو مع أكثر من زوج D2D واحد.

ستقتصر اتصالات D2D ضمن شبكة خلوية على حركة المرور المحلية، وبالتالي، يكون مرسل D2D (DT) ومستقبل D2D (DR) قريبين من بعضهما البعض.

بفترض أن وصلة D2D تستخدم مورد الوصلة الصاعدة للنظام الخلوي، حيث يكون الزوج D2D بالقرب من حافة الخلية [1] .

ستختار BS موردًا لاسلكيًا لـ CUEi معين بين N من الـ CUEs الموزعة عشوائيًا على الخلية للمشاركة مع زوج D2D.

يستقبل DR البيانات من D2D Tx بوجود التداخل من إرسال الوصلة الصاعدة لـ CUE1 تشير LC1 إلى المسافة المقابلة لوصلة تداخل C2D بين CUE1 و D2D-Rx .

4- هدف البحث

يهدف البحث إلى تحديد أزواج اتصالات الجهاز إلى الجهاز D2D أي اكتشاف النظراء واختيار أزواجD2D بالشكل الأفضل وبأكبر عدد ممكن مما يقلل من استخدام موارد الشبكة ويفتح المجال لتحسين جودة الخدمة، ولتقليل التداخل المرافق لاستخدامات D2D ، تم في هذا البحث دراسة التداخل وتخفيضه من خلال التحكم باستطاعة الارسال وبالتالي تحسين SNIR وفعاليته على أداء خوارزمية الاكتشاف، وقد تمت المحاكاة باستخدام

MATLAB لتحديد تأثير محددات الخوارزمية على عملية اختيار النظير ومقارنة النتائج بعد تطبيق تقنية التحكم بالاستطاعة.

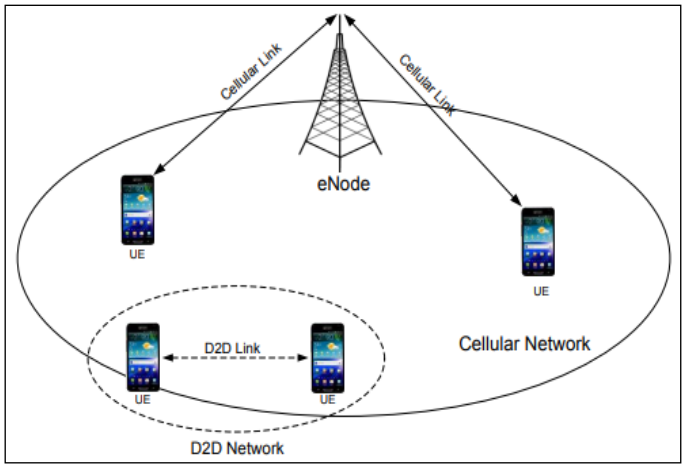
5- أهمية البحث:

تعتبر تقنية اكتشاف النظير من النقاط الهامة التي يتم التركيز عليها في الأبحاث المعنية بتطوير تقنية D2D ، ومن ناحية أخرى يعتبر موضع التحكم بالطاقة من المواضيع الهامة التي لابد من التركيز عليها عند العمل على تطوير تقنية D2D ، وقد عملت معظم الأبحاث على دراسة كل تقنيات اكتشاف النظير أو التحكم بالطاقة كل على حدة.

اقترحت الدراسة تطوير اتصالات D2D بحيث يتكامل عمل كلا التقنيتين معاً.

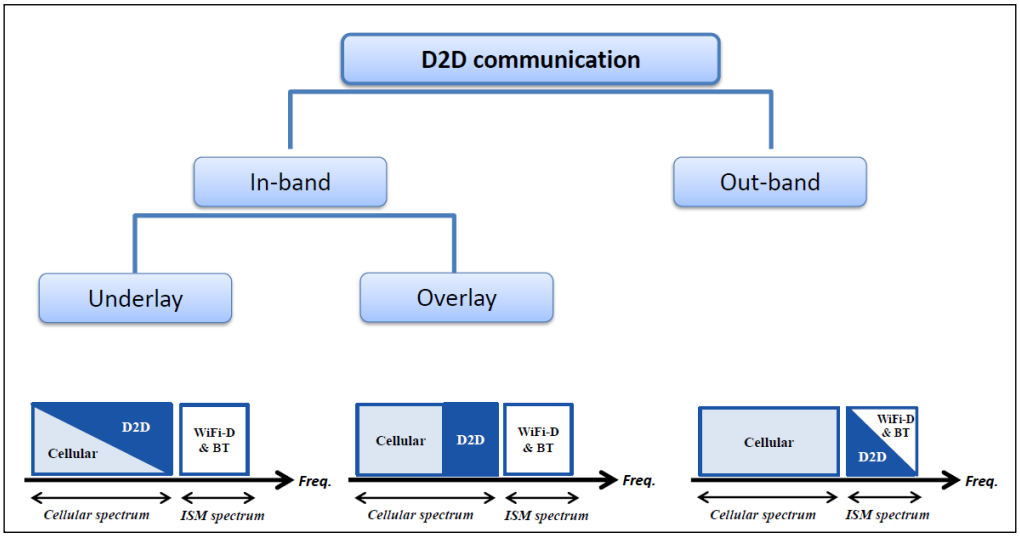
6- اتصالات جهاز إلى جهاز D2D :

تعتبر الاتصالات D2D جزءاً أساسياً من البنية الرئيسية في شبكة 5G حيث يتم من خلال الاتصالات المباشرة يتم تحسين إعادة استخدام الطيف والإنتاجية واستهلاك الاستطاعة والتغطية وتقليل أزمنة التأخير ، مما دفع لتضمينها في شبكات 4G كونها ذات الانتشار الأوسع حالياً و تحتاج لهذه التقنية لتقليل الازدحام في نقل حركة البيانات المتزايدة أسياً.



الشكل (1) بنية الاتصالات D2D ضمن شبكة الاتصالات [4]

يقسم اتصال D2D في الشبكة الخلوية إلى نوعين: داخل المجال in-band وخارج المجال out-band ، يبين الشكل (2) تصنيف الاتصالات D2D :



الشكل (2) تصنيف الاتصالات D2D [9]

- داخل المجال in-band : تعمل اتصالات D2D على طيف مرخص – طيف الاتصالات الخليوية نفسه- مما يشير إلى الحاجة إلى تحكم دقيق في الطيف الخلوي.
- يتم تقسيم Inband D2D إلى فئات أساسية Underlayوفئات تراكبOverlay ، في اتصال D2D الأساسي، تشترك الاتصالات الخلوية و D2D في نفس الموارد الراديوية ، لكن روابط D2D في اتصالات التراكب تُمنح موارد خلوية مخصصة [7] .
- خارج المجال out-band : تعمل اتصالات D2D على الطيف غير المرخص ، والدافع وراء استخدام اتصال D2D خارج المجال هو حل مشكلة التداخل بين D2D والروابط الخلوية ، ويتطلب استخدام الطيف غير المرخص واجهة إضافية وعادة ما يعتمد شبكة لاسلكية أخرى ، مثل Wi-Fi Direct أو ZigBee أو Bluetooth ، ينقسم المجال الخارجي D2D أيضًا إلى اتصال متحكم به واتصال مستقل [5].

1-6 اكتشاف النظير في اتصالات D2D :

يجب أن تكون عملية اكتشاف النظير فعالة، بحيث يتم اكتشاف روابط D2D وتأسيسها بسرعة، بما أن اتصال D2D تقنية جديدة نسبيًا في الشبكات الخلوية، لذلك لا تزال الحلول المقبولة على نطاق واسع لاكتشاف النظراء مفقودة، من وجهة نظر الشبكة، يمكن التحكم في اكتشاف الجهاز عن طريق المحطة القاعدية.

يعتمد اكتشاف النظراء في الشبكات الخلوية على "اشارات الاكتشاف" [3] ، حيث ان اشارات الاكتشاف هي معرف طبقة الخدمة 128bitsالمستخدمة في اكتشاف D2D، فهي تعبيرات يمكن أن تمثل الهوية أو الخدمات أو الموقع، حيث يمكن للجهاز أن يبث عبر الهواء تعبيرًا ما وبالمقابل جهاز آخر مع تطبيق يقوم بجدولة التعبيرات تبعاً للغاية والمهمة التي يؤديها.

2-6 خوارزمية اكتشاف النظير (MSLA) .

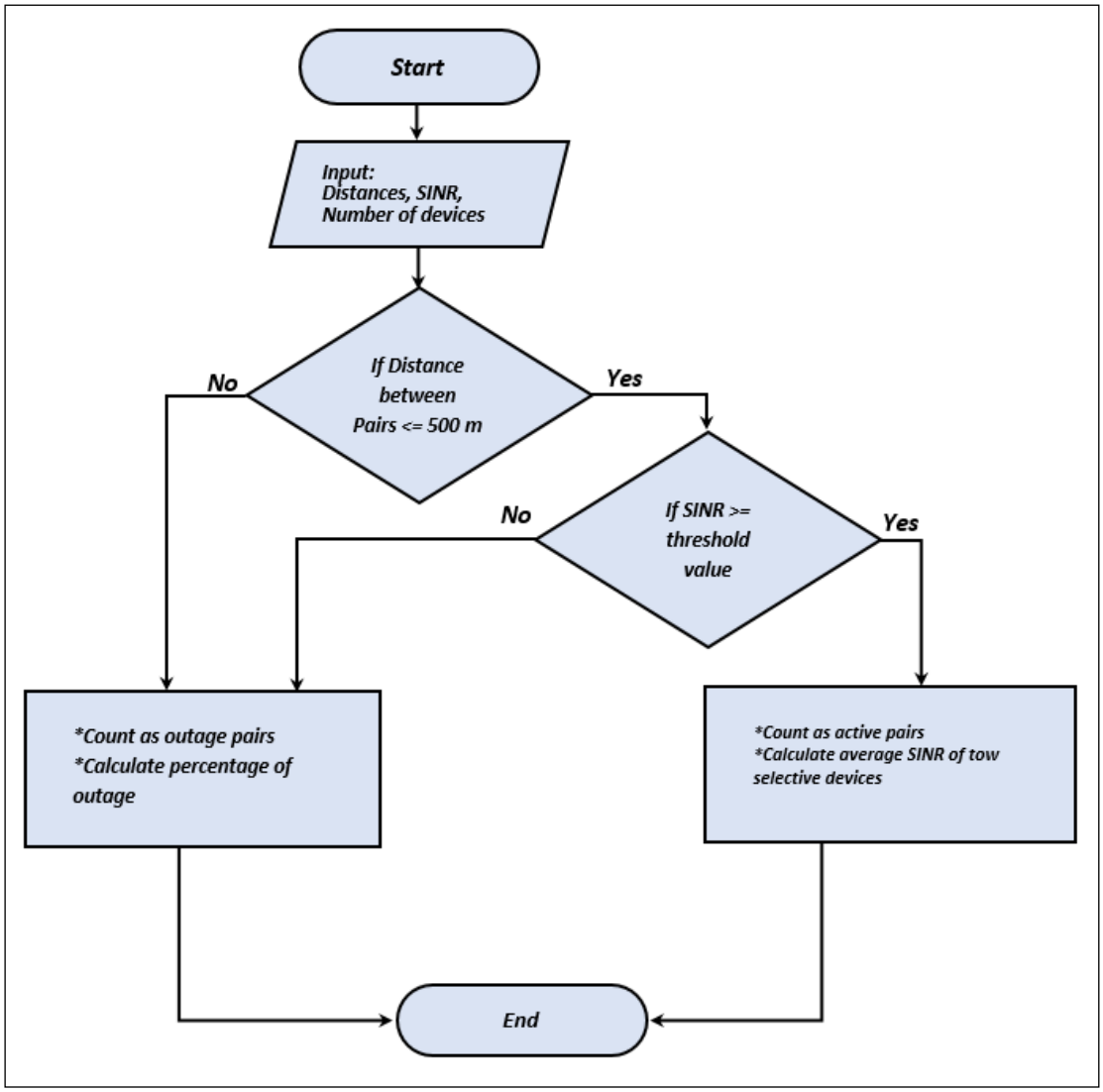
Maximum SINR with Limit on distance of discovery Algorithm

في هذه الخوارزمية ، تصل عتبة المسافات لاكتشاف المحمول إلى 500 m كما هو الحال في معايير LTE Directحتى نتمكن من استخدام هذه الخوارزمية مع محطة قاعدية كما في LTE-A .

خطوات عمل الخوارزمية MSLA:

- ضبط عداد زوج D2D على صفر.
- ضبط القيم المحددة لـ SINR على صفر.
- المدخلات: المسافات بين أجهزة D2D وقيم SINR وعدد أجهزة D2D .
- حلقة للتنقل على عدد من أجهزة D2D .
- إذا كانت المسافة القصوى بين جهازي D2D تساوي 500m .
- إذا كانت قيم SINR تفي بالحد الأدنى الذي يزيد عن قيمة العتبة.
- حدد قيم SINR فوق العتبة.
- حدد الحد الأقصى لقيمة SINR.
- حدد هذا الزوج D2D .
- احسب عدد أزواج D2D المحددة.
- احسب عدد أزواج D2D خارج الخدمة.

ويعطى المخطط التدفقي لخوارزمية MSLA [3] كما في الشكل (3).



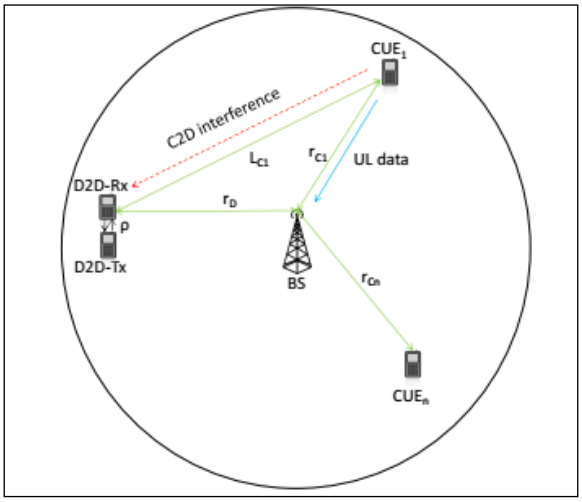
الشكل (3) المخطط التدفقي لخوارزمية MSLA [3]

3-6 نسبة الإشارة إلى الضجيج والتداخل SINR:

تعتبر من المحددات الرئيسية التي يمكن للأجهزة أو المحطة BS أن تخصص الموارد وفقا لها هو نسبة الإشارة إلى التداخل بالإضافة إلى الضجيج.

$$\text{SINR} = \frac{\text{P}}{\text{I} + \text{N}_0} \qquad (1)$$

حساب SINR حيث نعتبر منطقة جغرافية مكونة من خلية واحدة كما في الشكل (4) والمحطة الأساسية تقع في مركز الخلية ويكون لدينا زوج D2D واحد و عدد المستخدمين الخلويين N.



الشكل (4) حساب SINR في حالة خلية مفردة

- المسافة بين جهاز المستخدم CUEi ومستقبل D2Dتعطى كما يلي [3]:

$$L_{Ci} = \sqrt{(r_{ci}^2 + r_D^2 - 2r_{ci}r_D \cos\theta_i)} \qquad (2)$$

r_{Ci}: المسافة بين جهاز المستخدم والمحطة الأساسية BS

r_D: المسافة بين مستقبل D2D والمحطة الأساسية BS

$\Theta i = [0,2\pi]$

- الإشارة المستقبلة عند D2D-Rx تعطى بالعلاقة: [3]

$$y_i = h_D\sqrt{(P_D\rho^{-\alpha}x_D} + h_{ci}\sqrt{(P_{ci}L_{ci}^{-\alpha}x_{ci} + N_0} \qquad (3)$$

حيث :

X_D إلى الإشارة المرسلة من D_T.

X_{ci} هي إشارة الوصلة الصاعدة التي ترسلها $CUEi$ إلى المحطة القاعدية.

يرمز h_D و h_{ci} إلى معاملات الخفوت في ارتباط D2D و CUEi إلى D2DRx ، على التوالي ، وكلاهما يتبع التوزيع الغاوسي المستقل.

P_D, P_{ci} استطاعة الارسال لكل منD2D-Tx , CUE

α: معامل الخفوت.

$PD\rho^{-\alpha}$: الاستطاعة المستقبلة عند D2D-Rx (وصلة D2D).

$PciL_{Ci}^{-\alpha}$: الاستطاعة المستقبلة عند D2D-Rx (وصلة التداخل C2D).

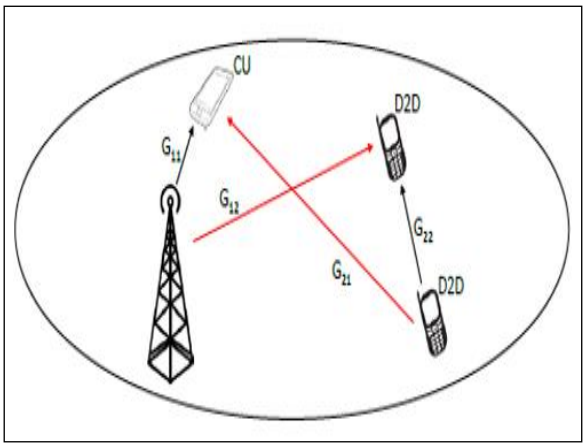
N_0 : $AWGN$ الضجيج الغاوسي الأبيض المضاف

وبالتالي تعطى SINR بالعلاقة [3]:

$$\gamma_{Di} = \frac{|h_D|^2 P_D \rho^{-\alpha}}{|h_{Ci}|^2 P_{Ci} L_{Ci}^{-\alpha} + N_0} \qquad (4)$$

بشكل عام عند استخدام بارامترات LTE لـ NB يمكن لكل مستخدم D2D استخدام RB واحد فقط ، نفترض أن أجهزة D2D تستخدم RBs مشغولة بالفعل من قبل المحطات الخلوية الحالية ، أي في وضع إعادة الاستخدام ، لذلك سيؤثر كل زوج D2D ويتأثر بتداخل محطة خلوية واحدة في نفس الخلية.

يوجد ارتباط بين جهاز الإرسال TXi وجهاز الاستقبال RXi وكسب القناة بينهما هو Gii يُشار إلى كسب القناة العام على أنه Gji ويتم تعريفه بين TXj و RXi. يُشار إلى استطاعة الإرسال لـ j على أنها Pj و Ni هي استطاعة الضجيج عند المستقبِل i ، كما هو موضح في الشكل (5).



الشكل (5) التداخل الناتج عن زوج D2D

ويعطى SINR المستقبَل بالصيغة التالية:

$$SINR_i = \frac{P_i \,.\, G_{ii}}{\sum_{j \neq i} G_{ji}\, P_k + N_i} \qquad (5)$$

بعد التعويض عند كل (Rx) مستقبل D2D مع الأخذ بالاعتبار إشارة التداخل تحسب SINR كما يلي:

$$SINR_{DL\,\gamma_{Rx\,Candidate}} = \frac{P_{D2DTx\,Candidate} \,.\, G1}{P_{D2DTx2\,Candidate} \,.\, G9 + P_{D2DTx3} \,.\, G5 + N_0} \qquad (6)$$

ويعطى:

$$G1 = G_{TX}.G_{RX}\; C.{L_{C1}}^{-\alpha}.|h_{D1}|^2.\Delta_{SH1}$$
$$G5 = G_{TX}.G_{RX}\; C.{L_{C5}}^{-\alpha}.|h_{D5}|^2.\Delta_{SH5}$$
$$G9 = G_{TX}.G_{RX}\; C.{L_{C9}}^{-\alpha}.|h_{D9}|^2.\Delta_{SH9}$$

حيث:

C : الخفوت عند مسافة معينة.

G_{TX} : ربح الهوائي المرسل . TX

G_{RX} : ربح الهوائي المستقبل RX.

Δ_{SHi} : فقد الظلال.

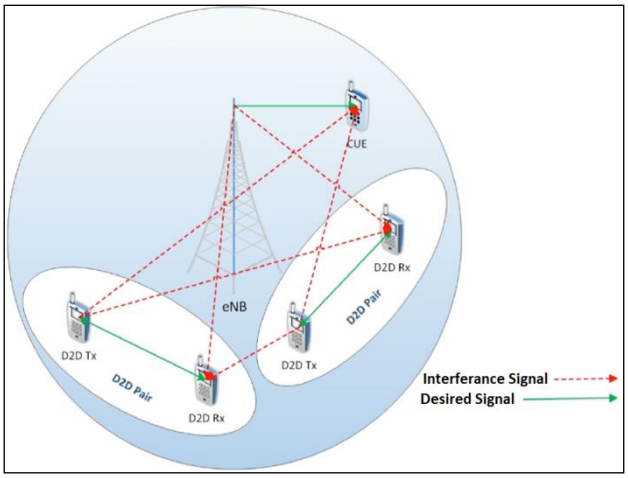
${L_{Ci}}^{-\alpha}$: فقد المسار.

4-6 التداخل في أنظمة D2D :

من المتوقع أن تعمل منظومة اتصالات D2D التي تقوم عليها الشبكة الخلوية ضمن نفس منطقة التغطية لخلية موجودة من شبكة LTE-A وتشترك في نفس الطيف الخلوي. وبالتالي، فإن إعادة استخدام نفس الموارد الراديوية للمستخدمين الخلويين من قبل مستخدمي D2D يؤدي إلى تداخل (يُعرف باسم التداخل متعدد المستويات) من المستخدمين الخلويين لمستخدمي D2D ومن مستخدمي D2D إلى مستخدمي الهواتف الخلوية.

عند إعادة استخدام RBs للوصلة الهابطة، يعاني مستخدمو D2D من تداخل من eNB بسبب شدة الاشارة لeNB هذا يجعل من الصعب ضمان جودة خدمات D2D ، ويقلل SINR مما يؤثر بدوره على اتصالاتD2D .

من ناحية أخرى يولد إعادة استخدام RB للوصلة الصاعدة تداخلًا غير مرغوب فيه أقل لمستخدمي D2D ، لأن الحمل الزائد للحركة و التحكم في الوصلة الصاعدة أقل بكثير من تلك الخاصة بالوصلة الهابطة في الشبكات الخلوية [7]. أي أن مستوى التداخل الكلي المرافق للوصلة الصاعدة أقل من الوصلة الهابطة.



الشكل (6) سيناريو التداخل لـ D2D والروابط الخلوية

يوضح الشكل (6) سيناريوهات التداخل لحالات إعادة استخدام UL و DL ، على التوالي. حيث يمكن ملاحظة أن المرسل في D2D يسبب تداخلًا غير مرغوب في eNB ، بينما يولد مستخدم الوصلة الصاعدة الخلوية تداخلًا في D2DRxsبالنسبة لحالة DL، فإن eNB هو الذي يتداخل مع أكثر من مستقبل D2D ، كما أن مرسل D2D هو المعتدي الذي يتداخل مع مستخدم الوصلة الهابطة الخلوية ،كذلك يوجد تداخل متبادل بين أزواج D2D التي تشترك في نفس الوقت في نفس RBs في كل من حالات إعادة استخدام UL و DL ، والتي يشار إليها باسم تداخل الطبقة المزدوجة.

لذلك يجب التخفيف من التداخل الذي يقدمه مستخدمو D2D ، حتى لا يتسبب في تعطيل الخدمة لمستخدمي الهواتف الخلوية القدامى. تم التركيز في هذا البحث نركز على إعادة استخدام موارد الوصلة الصاعدة لروابط D2D.

4-1-6 إدارة التداخل في D2D :

تم تطوير تقنيات جديدة لإدارة التداخل للتخفيف من التداخل الناتج عن اتصالات D2D في الشبكات الخلوية [6] ، وفي الأنظمة الخلوية التقليدية، غالبًا ما تُستخدم خوارزميات التحكم في الاستطاعة وإدارة الموارد الراديوية للتخفيف من التداخل [2].

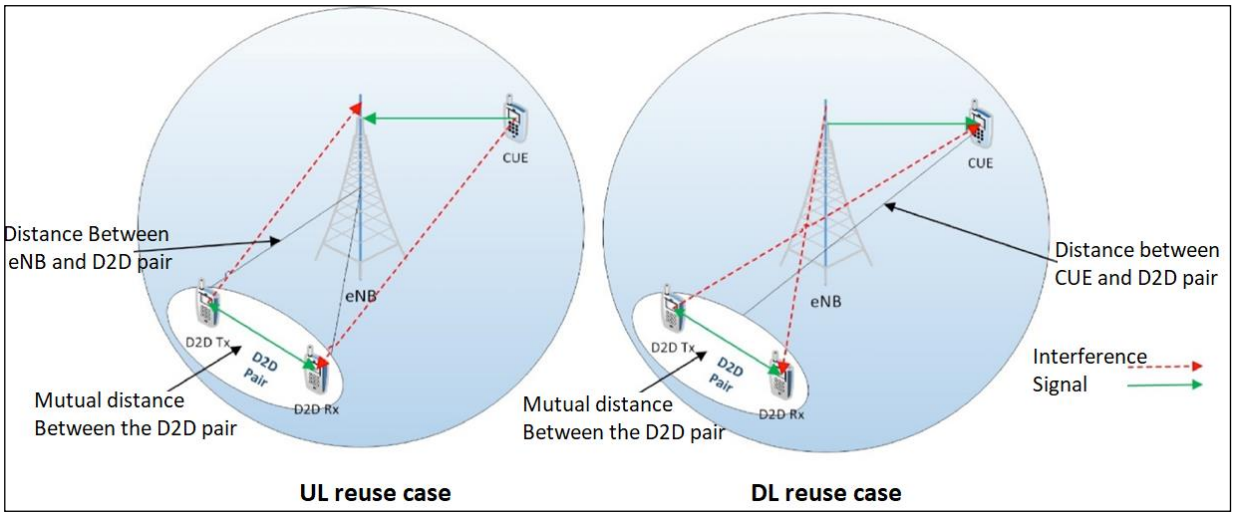
سندرس خوارزمية اكتشاف النظير MSLA [3] ، لنقوم بتطبيق تقنيات التحكم بالاستطاعة وذلك للحد من التداخل وزيادة النسبة SINR بين الأجهزة لزيادة فرص إمكانية إنشاء اتصالات D2D .

4-2-6 تقنية التحكم في الاستطاعة:

تعتبر تقنية التحكم بالاستطاعة من أكثر مخططات تجنب التداخل شيوعًا حيث يتم ضبط استطاعة الإرسال لـ D2DTx دون عتبة محددة مسبقًا مع تحقيق هدف SINR للاتصالات الخلوية [6]. يمكن لـ eNB وضع قيود على مستوى استطاعة الإرسال لمرسل D2D ، للحد من التداخل الذي يحدث للمستقبلات الخلوية. مع مخطط التحكم في الاستطاعة المناسب، يمكن لعدد أكبر من أزواج D2D إعادة استخدام نفس الموارد في وقت واحد، مما يحسن الفاعلية الطيفية .

يوضح الشكل (10) توضيح لتقنية التحكم في الاستطاعة، يعتمد قابلية تطبيق نظام التحكم في الاستطاعة إلى حد كبير على المسافة بين أزواج D2D ، المسافة بين أزواج D2D و eNB أو CUE ، لحالة إعادة استخدام UL وحالة إعادة استخدام DL ، على التوالي. إذا كانت أزواج D2D بعيدة عن eNB أو CUE، وفي نفس الوقت تكون أزواج D2D على مقربة من بعضها البعض، فإن تقليل الاستطاعة لن يؤثر على أداء اتصال D2Dعلى العكس من ذلك، عندما تكون eNB أو CUE قريبة نسبيًا من زوج D2D والمسافة بين زوج D2D كبيرة، فإن تقليل قوة الإرسال لمستخدمي D2D قد يؤدي إلى احتمالية منخفضة جدًا لاتصال D2D أو حتى منع اتصال D2D .

يمكن لخطط التحكم في الاستطاعة المذكورة أعلاه أن تخفف التداخل من D2D إلى الاتصال الخلوي، ولكنها قابلة للتطبيق فقط عندما يكون زوج D2D قريبًا من بعضهما البعض و / أو على مسافة كافية من eNB أو CUE.



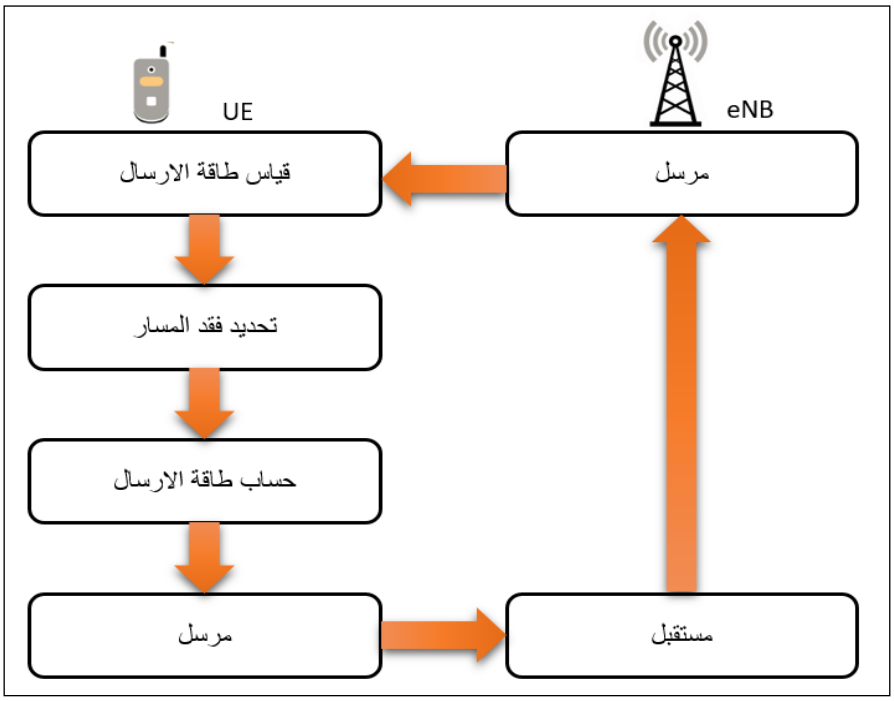
الشكل (7) نموذج التحكم بالاستطاعة [7]

نظرًا لأن الاتصال D2D يحدث كاتصال أساسي إلى شبكة OFDMA الخلوية، يجب تنسيق التداخل من اتصال D2D إلى الشبكة الخلوية ويجب أن تكون BS على معرفة بوصلات D2D المستمرة.

التحكم في استطاعة الحلقة المفتوحة هو امكانية مرسل تجهيزات المستخدم على ضبط استطاعة إرسال الوصلة الصاعدة على قيمة محددة مناسبة للمستقبل.

يتم ضبط استطاعة الوصلة الصاعدة عن طريق التحكم في استطاعة الحلقة المفتوحة.

يوضح الشكل (8) مخططًا للخطوات المتضمنة إعادة حساب وإعادة تحديد استطاعة إرسال الوصلة الصاعدة باستخدام التحكم في الاستطاعة.



الشكل (8) رسم تخطيطي للخطوات المتضمنة في إعداد استطاعة الوصلة الصاعدة [8]

يتم الحصول على قيمة فقد المسار بعد قياس الاستطاعة المستقبلة للرمز المرجعي RSRP (Reference Signal Received Power) ثم يتم حساب استطاعة الإرسال.

تحدد قيم استطاعة الارسال لـ c_i ,d_j^T على التوالي P_{c_i}, P_{d_j} وتحسب بالـ dBm ويشير P^{max} إلى كل من $P_{c_i}^{max}, P_{d_j}^{max}$ وتشير P إلى كل من P_{c_i}, P_{d_j} ، [11]

$$P = min\{P^{max}, P_0 + 10log_{10}(q) + aPL + \delta_{msc} + \Delta\} \quad (dBm) \qquad (7)$$

حيث :

P_0 : الاستطاعة التي يتعين احتواءها في RB واحد، وهي بارامتر خاص بالخلية وتحسب dBm/RB

a : وهو عامل فقد المسار ويعتبر بارامتر خاص بالخلية ويعطى ضمن المجال $[0\ 1]$.

δ_{msc} : إزاحة تعتمد على مخطط التشكيل والترميز(MCS)

Δ : قيمة تصحيح الحلقة المغلقة.

يتم حساب البارامتر P_0 لجهاز إرسال D2D على النحو التالي ،

$$P_0 = a(SINR_{tar}^{UL} + P_n) + (1 - a) + (P_{max} - 10log_{10}q) \quad (dBm) \qquad (8)$$

تُحسب Pn بمقياس dB كجمع للتداخل والضجيج الحراري في المجال الخطي .

في هذه الحالة ، يقاس فقد المسير في جانب تجهيزات المستخدم و يعتمد إلى الاستطاعة المستقبلة للرمز المرجعي.

هذه المعلومات كافية للسماح لـ UE لضبط استطاعة الإرسال الخاصة به في البداية ، لذلك يطلق عليها بارامترات الحلقة المفتوحة.

δ_{msc} بارامتر خاص بتجهيزات المستخدم و يعتمد على مخطط التشكيل والترميز المختار.

Δ هي قيمة تصحيح الحلقة المغلقة وترسلها BS إلى أي مستخدم خلوي أو زوج D2D بعد أن يضبط استطاعة الارسال الإرسال الأولية، وبالتالي Δ ليس له أي تأثير في تحديد استطاعة الإرسال الأولية لمستخدمي الهواتف الخلوية وأزواج D2D.

a عامل التعويض هو القيمة الرئيسية لآلية التحكم في استطاعة الوصلة الصاعدة ويمكن تصنيف مخطط التحكم في الاستطاعة بناءً على قيمة a .

$a = 1$ يقوم المخطط بتعويض فقد المسار بالكامل من أجل الوصول إلى الاستطاعة المستقبلة P_0 المستهدفة.

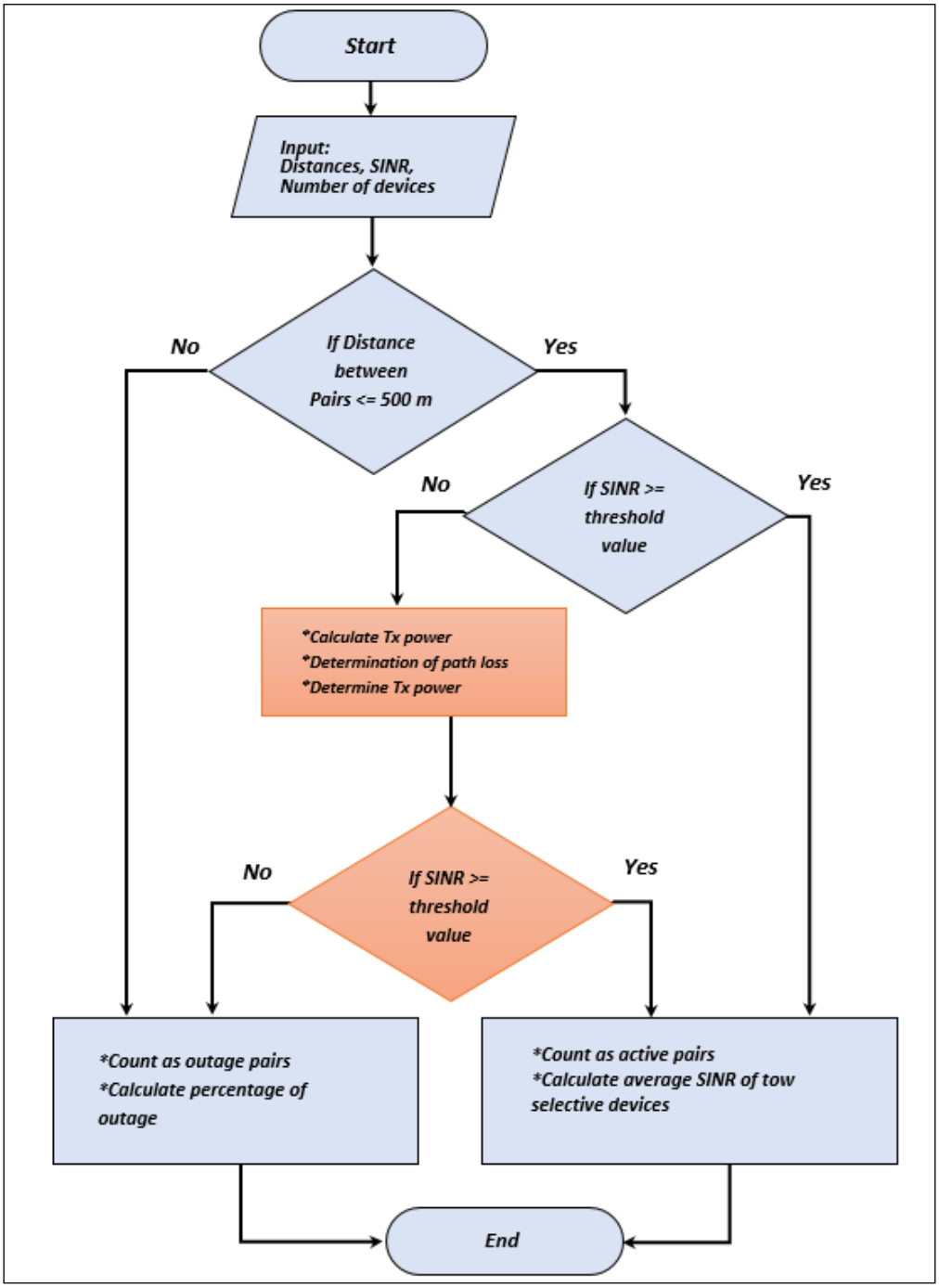
$a = 0$ استطاعة الإرسال ثابتة ولا تعتمد على فقد المسار. لا يوجد تعويض وفي الواقع لا يوجد تحكم بالاستطاعة .

$0 < a < 1$ في هذه الحالة يكون التحكم بالاستطاعة جزئي ، حيث يتم تعويض فقد المسار جزئيًا بواسطة مخطط التحكم بالطاقة المذكور.

بافتراض وجود مستوى ثابت من التداخل والضجيج ، فإن P_0 الأعلى يعني زيادة SINR الإجمالية. ومع ذلك ، في النظام الحقيقي ، ستؤدي الزيادة في P_0 إلى زيادة استطاعة جميع المستخدمين وبالتالي مستوى التداخل.

في الإجراء المقترح للتحكم في الاستطاعة ، تُحسب قيمة P_n لكل حالة. لذلك ، أثناء آلية التحكم في الاستطاعة، لا يكون P_0 ثابتًا لجميع المستخدمين بينما يختلف المصطلح $PL - \text{Pathloss}$ لكل مستخدم خليوي وزوج D2D وفقًا لفقد المسار التي يتمتع بها.

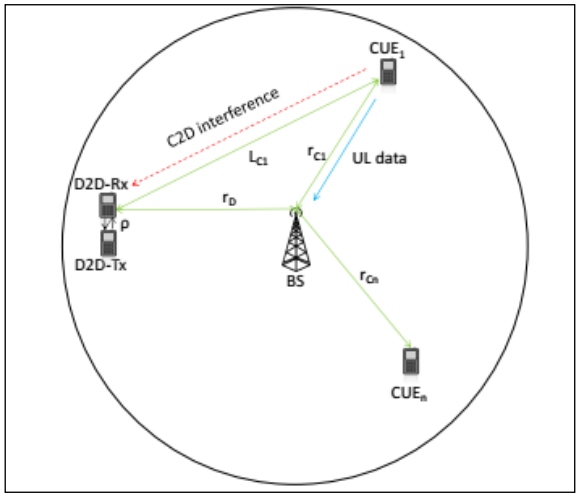
يبين الشكل (9) المخطط التدفقي لخوارزمية MSLA المعدلة بتقنية التحكم بالاستطاعة



الشكل (9) المخطط التدفقي لخوارزمية MSLA المعدلة بتقنية التحكم بالاستطاعة

7- نموذج النظام والمحاكاة:

يعتبر النموذج بيئة خلية واحدة، كما هو موضح في الشكل (10)، حيث تقع المحطة الأساسية في مركز الخلية ويتم توزيع جميع تجهيزات المستخدم الخلوي CUEs على منطقة الخلية.



الشكل (10) نموذج نظام D2D ضمن الشبكة الخليوية [10]

البارامترات الأساسية ونتائج المحاكاة:

تم انتقاء الوصلات والأقنية باستخدام البارامترات الموضحة في الجدول (1) لحساب نسبة الإشارة إلى التداخل و الضجيج SINR ، تم تطبيق خوارزمية اختيار زوج D2D بأرقام عشوائية للأجهزة الموزعة للحصول على نتائج دقيقة .

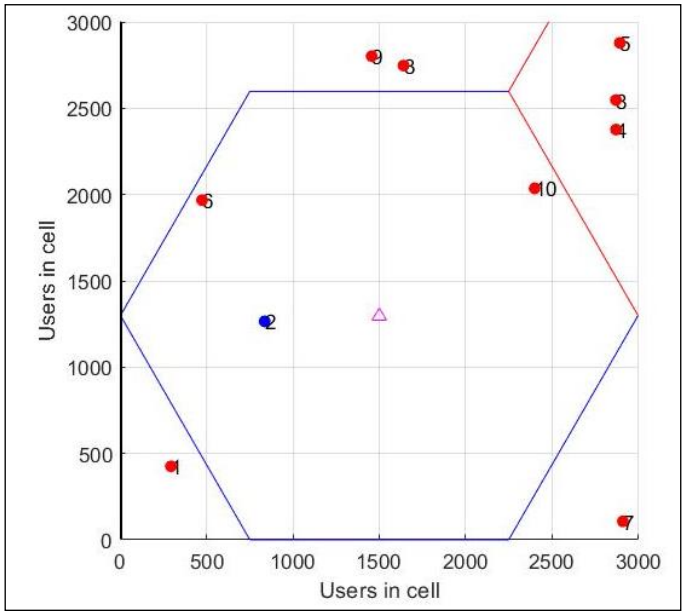
حيث قمنا بحساب ال SINR قبل عملية التحكم بالاستطاعة ليتم حساب عدد الأزواج D2D الممكن تشكلها ثم بعد أن تم تخفيض التداخل باستخدام تقنية التحكم بالاستطاعة.

الجدول (1) يوضح أهم البارامترات المستخدمة في المحاكاة:

الجدول (1) بارامترات المحاكاة لحساب التداخل وSINR

البارامتر	القيمة
مستوى الاستطاعة الابتدائي(Po)	-78dBm
قطر الخلية (R)	500m
أس فقد المسار(α)	4
معامل فقد المسار(k)	0.8
استطاعة الضجيج	-174dBm
عدد أجهزة D2D	-105
ربح المرسل (GTx)	20-25 dB
ربح المستقبل (GRx)	20-25 dB
عدد بلوكات الموارد	1
فقد المسار الثابت	dB 30.18
الخفوت	4dB

باستخدام MATLAB، تم وضع سيناريو Single Cell، لدينا N زوج مرشّح للاتصال D2D موزعة في منطقة BS كما في الشكل (11) ، حيث تم تمثيل الخلية بوجود 10 أجهزة بتوزع عشوائي .

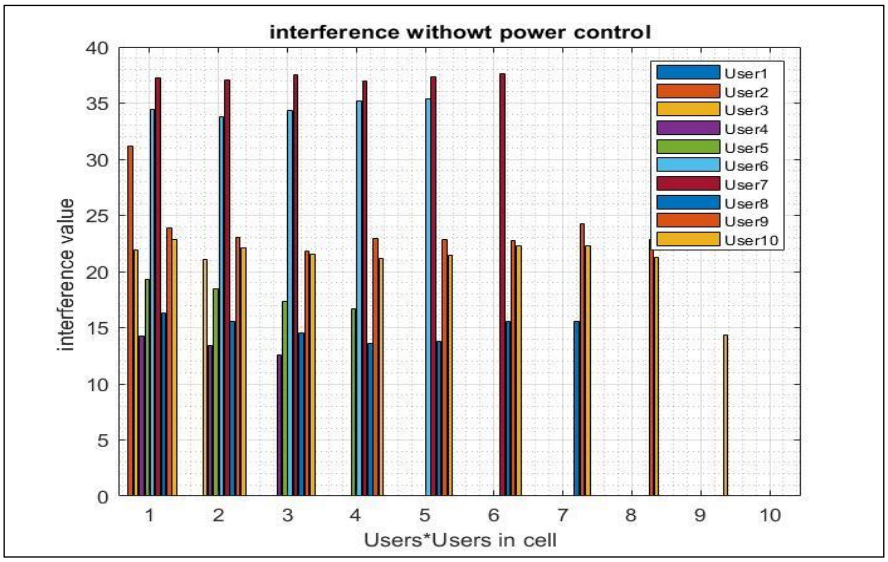


الشكل (11) التوزع العشوائي للمستخدمين في الخلية

تتم إعادة استخدام كتلة موارد واحدة فقط RB - Resource Block لجميع روابط الاتصالات حتى نتمكن من قياس الحد الأقصى للتداخل في النظام بعدها يتم التقليل من التداخل اعتماداً على تقنية التحكم بالاستطاعة الخاصة باتصال D2D .

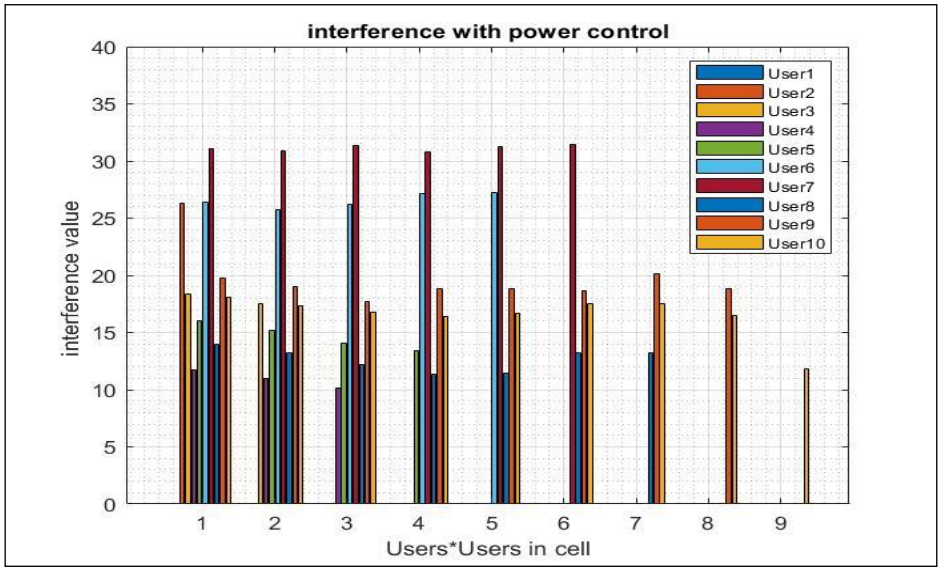
حساب قيم التداخل والـ SINR :

نقوم بحساب قيم التداخل بين الأجهزة وذلك قبل تطبيق تقنية التحكم بالاستطاعة كما هو موضح في الشكل(12)



الشكل (12) قيم التداخل بين الأجهزة قبل تطبيق تقنية التحكم بالاستطاعة

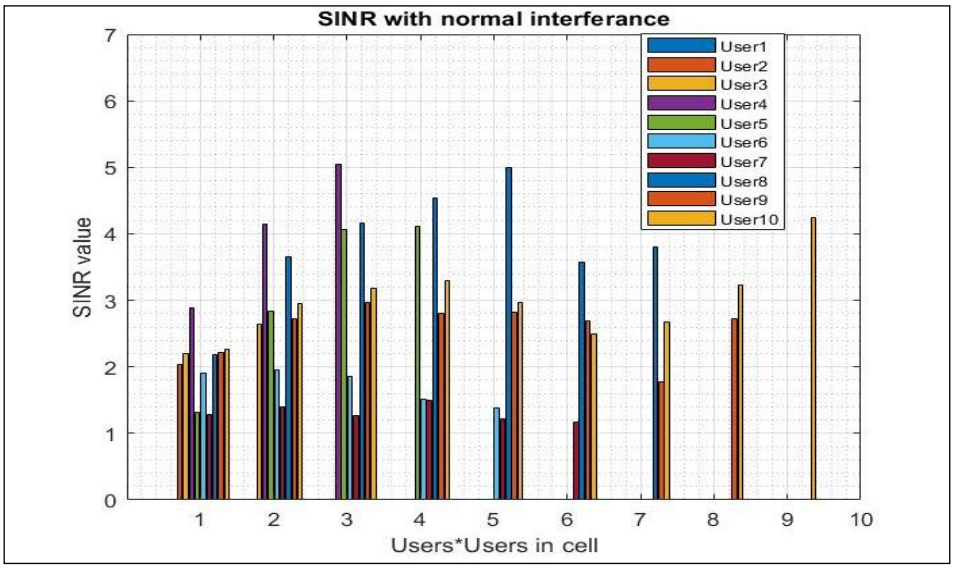
يبين الشكل(13) التداخل بعد تطبيق تقنية التحكم بالاستطاعة



الشكل (13) قيم التداخل بين الأجهزة بعد تطبيق تقنية التحكم بالاستطاعة

حيث يوضح الشكل السابق قيمة التداخل بين الجهاز الأول (الرقم 1 على المحور الأفقي) والأجهزة الأربعة الأخرى (كل عمود يمثل جهاز مقابل)، ثم الجهاز الثاني والأجهزة الثلاث الأخرى (ما عدا الجهاز الأول كونه حسب في الخطوة السابقة) وهكذا.

وعند تطبيق بارامترات النظام الأساسية وحساب قيم SINR بين أجهزة D2D نلاحظ أنها تتغير تبعاً لتوضع الأجهزة والمسافات بينها.



الشكل (14) قيم SINR بين أجهزة D2D بدون التحكم بالاستطاعة

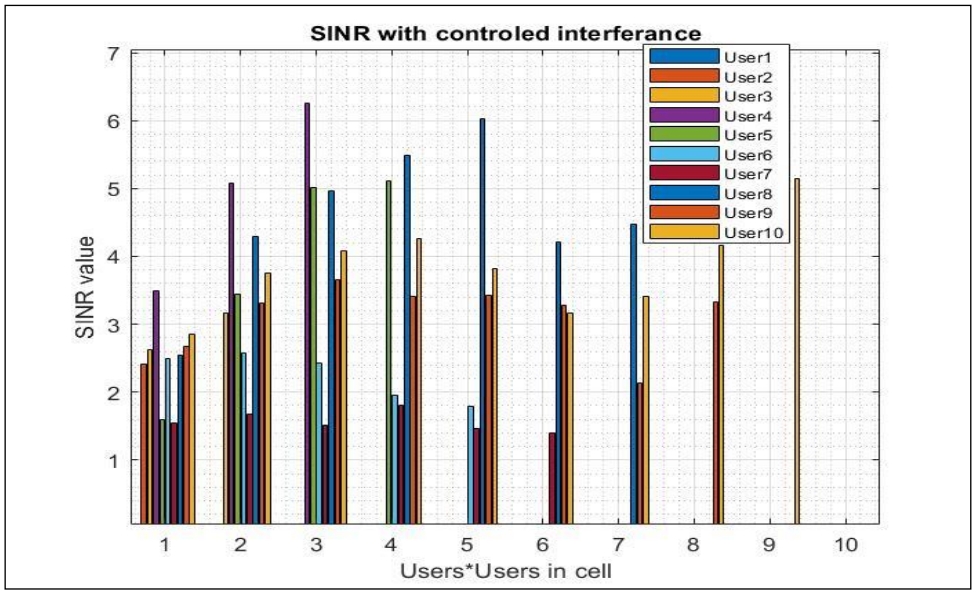
حيث تعبر الأعمدة أمام الرقم 1 في السطر عن قيم SINR لكل من الأجهزة الأخرى المتواجدة معه في الخلية وهي بدءاً من الجهاز الثاني حتى العاشر ، وكذلك الأعمدة امام الرقم 2 هي قيم SINR مع الأجهزة الأخرى من الثالث حتى العاشر ، ولم يظهر SINR بينه وبين الأول كونه ظهر في الأعمدة المقابلة للأول وهكذا نجد أن لا أعمدة مقابل العاشر لأن العاشر ظهرت قيمته مقابل كل من الأرقام الممثلة للأجهزة .

وتؤخذ القيم من الشكل (14) لنحصل على الجدول التالي:

الجدول (2) يوضح قيم SINR المحسوبة بين الأجهزة قبل تطبيق تقنية التحكم بالاستطاعة.

SINR without power control										
	User 1	User 2	User 3	User 4	User 5	User 6	User 7	User 8	User 9	User 10
User 1	0	2.0404	2.2017	2.8936	1.3212	1.907	1.2886	2.1847	2.2126	2.2617
User 2		0	2.6444	4.1526	2.8307	1.959	1.4052	3.6485	2.7282	2.9478
User 3			0	5.0397	4.0607	1.855	1.2713	4.1647	2.976	3.1814
User 4				0	4.1115	1.5113	1.5026	4.5436	2.8028	3.2953
User 5					0	1.3821	1.2226	5.0024	2.8176	2.9674
User 6						0	1.1658	3.5778	2.6962	2.4903
User 7							0	3.8021	1.7709	2.677
User 8								0	2.7312	3.2242
User 9									0	4.2393
User 10										0

وبعد تطبيق تقنية التحكم بالاستطاعة والحصول على قيم منخفضة للتداخل نجد أن قيم SINR قد تحسنت كما في الشكل التالي :



الشكل (15) قيم SINR بين أجهزة D2D مع التحكم بالاستطاعة

وتعطى القيم المأخوذة في الشكل (15) كما في الجدول التالي:

الجدول (3) يوضح قيم SINR المحسوبة بين الأجهزة N=10 قبل تطبيق تقنية التحكم بالاستطاعة.

SINR with power control										
	User 1	User 2	User 3	User 4	User 5	User 6	User 7	User 8	User 9	User 10
User 1	0	2.4189	2.6196	3.4935	1.5912	2.4922	1.5429	2.5494	2.6684	2.8561
User 2		0	3.1702	5.0736	3.4399	2.5752	1.6845	4.2937	3.3147	3.7564
User 3			0	6.2531	5.0052	2.427	1.5203	4.9598	3.6601	4.0849

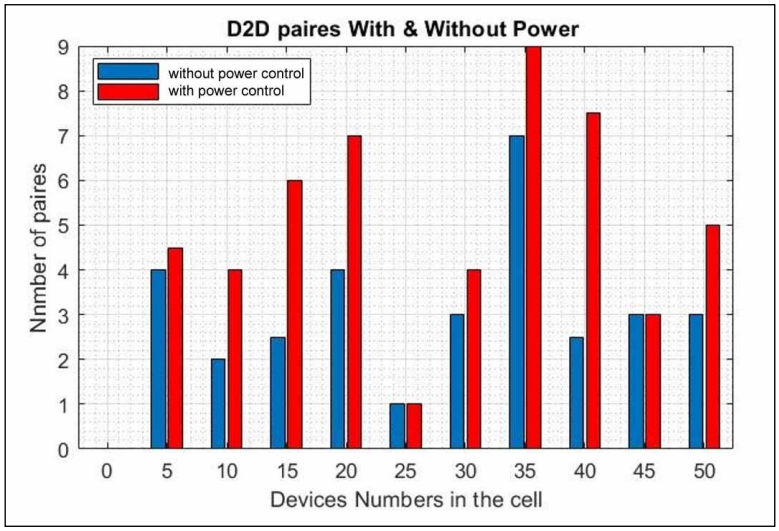
SINR with power control										
User 4				0	5.1131	1.9625	1.8021	5.4803	3.4102	4.2531
User 5					0	1.7927	1.4631	6.0216	3.4293	3.8129
User 6						0	1.3932	4.208	3.2855	3.1674
User 7							0	4.473	2.1294	3.4026
User 8								0	3.3241	4.156
User 9									0	5.147
User 10										0

بالمقارنة بين القيم الواردة في الجدول (2) والجدول (3) نجد تحسن قيم SINR بعد استخدام تقنية التحكم بالاستطاعة، حيث كانت نسبة الزيادة في قيم SINR تتراوح بين 20% إلى 30% .

بناء على تحسن قيم SINR نجد تحسن إمكانية إنشاء أزواج D2D كما يلي :

بناءً على قيم SINR نقوم بحساب إمكانية تشكل أزواج D2D حيث نلاحظ تحسن نسبة ارتباط الأجهزة وفق تقنية D2D.

الشكل التالي يوضح الترابط بين عدد من الأجهزة المتقاربة يتراوح من 5 إلى 50 وكيفية تغير قيمة الأزواج التي يمكن أن تتشكل بناءً على قيم SINR بينها، حيث يوضح الشكل (16) مقارنة بين أزواج D2D المتشكلة قبل وبعد حل مشكلة التداخل وذلك في سيناريو افترض أن عدد المستخدمين الخليويين من 5 حتى 50 مستخدم ، الشكل (16) يبين ازدياد عدد الأجهزة نتيجة تحسن قيم SINR بعد تخفيض التداخل.



الشكل (16) عدد الأزواج D2Dالممكنة وفق خوارزميةMSLA قبل وبعد تطبيق تقنية التحكم في الاستطاعة

8- النتائج :

من الشكل (16) نلاحظ أن أزواج D2D المحسوبة بعد تطبيق التحكم بالاستطاعة ازدادت وذلك نتيجة تخفيض قيمة التداخل وتحسن قيم SINR بنسب تتراوح من 20% حتى 30% حسب المقارنة بين الجدول (2) والجدول (3) وبالتالي زيادة عدد الأجهزة التي سوف تنشئ وفق الاتصال D2D حسب الجدول التالي المتوافق مع الشكل (16):

الجدول (4) مقارنة عدد الأزواج قبل وبعد تطبيق تقنية التحكم بالاستطاعة.

Power controlled	Total Pairs										
Before	0	4	2	3	4	1	3	7	3	3	3
After	0	5	4	6	7	1	4	9	8	3	5

9- مناقشة النتائج :

تبين النتائج أن عملية التحكم بالاستطاعة أدت إلى التقليل من التداخل وهذا بدوره رفع القيم المحسوبة للنسبة SINR بين الأجهزة المتواجدة في قطاع الخلية وبالتالي زيادة إمكانية الارتباط وفق تقنية D2D وبالتالي تحرير موارد الخلية وزيادة سعتها أي رفع جودة الخدمة QoS .

10- خلاصة البحث :

اتصالات D2D هي تقنية واعدة تهدف إلى زيادة إنتاجية النظام من خلال تحسين كفاءة الطيف. ومع ذلك ، ينتج عن إعادة استخدام الطيف تداخلًا ضارًا بين المستخدمين الخلويين الأساسيين ومستخدمي D2D الثانويين ، بالإضافة إلى التداخل المتبادل بين أزواج D2D المتعددة التي تشترك في نفس الموارد. يؤدي هذا التداخل غير المرغوب فيه إلى تدهور الأداء الكلي للشبكة، والذي يجب معالجته. تم استعراض وتحليل خوارزمية اختيار الشريك لتخفيف التداخل مثل التحكم في الاستطاعة والتخصيص الفعال للموارد، مخطط التحكم في الطاقة لا يكفي للتعامل مع التداخل المتبادل بين اتصالات D2D والشبكة الخلوية. استراتيجيات تخصيص الموارد المختلفة المقترحة والتي تهدف إلى القضاء على مشكلة التداخل في نظام D2D / LTE ، تؤدي إلى قلة استخدام الطيف المرخص.

11-التوصيات :

ركزت الدراسة على التخفيف من التداخل من مستقبلات eNB إلى D2D مع تجاهل مشكلة الترميز المسبق للوصلة الصاعدة لتخفيف التداخل من اتصالات D2D إلى مستخدمي الهواتف الخلوية، وهذا يستلزم الحاجة إلى مزيد من البحث في هذا المجال، من أجل التخفيف بكفاءة من التداخل عبر الطبقات والمشترك أثناء تقاسم موارد الوصلة الصاعدة، سيضمن ذلك أداء الشبكة الخلوية وتحسين جودة ارتباط D2D وتعزيز موثوقية اتصال D2D.

12-المراجع

[1] A.SaiedandD.Qiu,2020,"Resourceallocationfordevice-to-device(d2d)communications of Uplink multi-cellnetworks," International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC), pp.1–6, IEEE.

[2] Demia Della penda, 2018 " Device-to-Device Communication in Future Cellular Networks Resource allocation and mode selection" , Doctoral Thesis Stockholm, Sweden .

[3] Essam Abdel Salam, 2018 "Device discovery methods in d2d Communications for 5g Communications systems", Tallinn University of technology - School of Information Technologies - Tallinn.

[4] F.J. Cintrón, D. W. Griffith, C. Liu, R. A. Rouil, Y. Sun, J. Wang, P. Liu, C. Shen, A. Ben Mosbah, S. Gamboa Quintiliani, 2021 "Study of 5G New Radio (NR) Support for Direct Mode

Communications", Gaithersburg, MD, USA.

[5] F.Jameel, Z.Hamid, F.Jabeen, S.Zeadally,andM.A.Javed, ,2018 "Asurvey of device-to-device communications: Research issue challenges," IEEE Communications Surveys &Tutorials,vol.20,no.3,pp.2133–2168.

[6] Ghazanfar Ali Safdar, Masood Ur-Rehman, Senior Member, .2016" Interference Mitigation in D2D Communication Underlaying LTE-A Network" IEEE, Mujahid Muhammad, Citation information: DOI 10.1109/ACCESS.2621115, IEEE Access

[7] H. Esmat,M.M.Elmesalawy,andI.Ibrahim, ,2018 "Uplink resource allocation and power Control for d2d communications underlaying multi-cell mobile networks," AEU International Journal of Electronics and Communications, vol.93,pp.163–171.

[8] Noura, M. and R. Nordin ,2016. "A survey on interference management for device-to-device (D2D) communication and its challenges in 5G networks." Journal of Network and Computer Applications 71: 130-150.

[9] P.K.Malik,D.S.Wadhwa,andJ.S.Khinda, ,2020 "Asurvey of device to device and cooperative communication for the future cellular networks," International Journal of Wireless Information Networks, pp.1–22.

[10] Saied, Amamer , 2021 "Resource Allocation Management of D2D Communications in Cellular Networks", PhD thesis, Concordia University.

[11] Suleyman Onur Acar , 2018 " interference mitigation for device-to-device based wireless systems , ˙Izmir Institute of Technology .