

تحسين أداء التسليم في شبكات الجيل الخامس المعتمدة على الشبكات المعرفة برمجياً (SDN)

د. محمد نصر*

د. صلاح الدين نور الدين**

م. مرام شاتيلي***

(تاريخ الإيداع 2022/6/28 . قبل للنشر في 2022/9/19)

□ ملخص □

تعد الشبكات المعرفة برمجياً "Software Defined Networks" SDN أحد حلول شبكات الجيل الخامس 5G لزيادة معدل البيانات وسعة الشبكة، والتي تتحكم في الشبكة من خلال المركزية أي أن الشبكة يتم التحكم بها بواسطة جهاز مركزي يسمى المتحكم Controller. لكن من المتوقع أن تكون عمليات التسليم في الشبكة متكررة وهذا بدوره سوف يؤدي إلى إضافة مزيد من التأخير وانخفاض الإنتاجية.

تم في هذا البحث استخدام خوارزمية عنقدة هجينة بواسطة كل من خوارزمية K-Mean والخوارزمية الجينية GA من أجل عنقدة الشبكة. هذه العنقدة تهدف إلى تقليل عدد مرات فشل التسليم والحفاظ على إنتاجية عالية. تمت المحاكاة باستخدام المحاكى Mininet-Wifi حيث قمنا بقياس قيم الإنتاجية والتأخير وعدد مرات فشل التسليم.

الكلمات المفتاحية: SDN network – K-mean – GA-5G-Handover

*مدرس في قسم هندسة تكنولوجيا الاتصالات-كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات و الاتصالات-جامعة طرطوس-سوريا

**أستاذ مساعد في قسم العلوم الأساسية- كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات و الاتصالات- جامعة طرطوس-سوريا

***طالبة ماجستير في قسم هندسة تكنولوجيا الاتصالات-كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات و الاتصالات-جامعة طرطوس-سوريا

Improving Handover Performance in 5G-SDN based networks

Dr.Mohammad Nassr*

Dr.Salah Aldeen Nour Aldeen**

Eng.Maram Shately***

(Received 28/6/2022 . Accepted 19/9/ 2022)

□ ABSTRACT

A software-defined network (SDN), one of the 5G networks solutions to increase data rate and network capacity, which controls the network through centralization. Using these solution the handoffs in the networks are expected to be frequent and hence more delay will be added and reduce throughput.

In this research a hybrid clustering technique using K-mean and genetic algorithm GA to cluster the network. The clustering aims to reduce the number of handoff failure and maintain high system throughput.

The simulation is done using Mininet-Wifi emulator, where we measured the values of throughput, delay and number of handoff failure.

Keywords: SDN network, K-mean, GA, 5G, Handover

*Teacher, Communication Technology Engineering Department, Information and Communication Technology Engineering, Tartous University, Syria.

**Assistant Professor, Basic Sciences Department, Engineering Department, Information and Communication Technology Engineering, Tartous University, Syria.

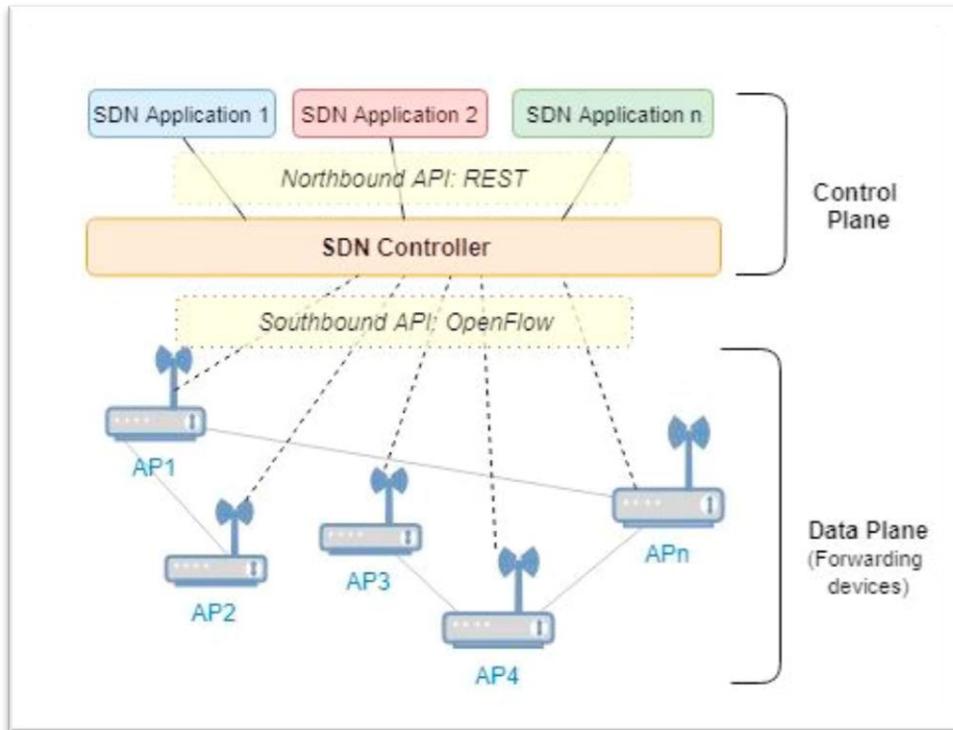
***Master Student_Faculty of Information and Communication Technology Engineering, Tartous University, Syria

مقدمة:

من المتوقع أن تزداد معدلات بيانات الشبكة ألف مرة بسبب الانفجار الحالي في تكنولوجيا الهاتف المحمول والاستخدام الواسع النطاق للأجهزة الذكية مثل الأجهزة اللوحية والهواتف الذكية. تم اقتراح العديد من الحلول لتلبية هذه التوقعات بما في ذلك الشبكات المعرفة برمجياً SDN.

تفصل الـ SDN [1] الشبكة إلى مستويين: مستوى التحكم ومستوى البيانات كما هو موضح في الشكل (1) حيث أن مستوى التحكم (المتحكم) يملك نظرة عامة على كامل الشبكة ومسؤول عن اتخاذ القرار بين الأجهزة، بينما مستوى البيانات مسؤول عن إعادة توجيه أو تمرير الحزم إلى وجهتها وفقاً لتعليمات وحدة التحكم. علاوة على ذلك تم تناول البحث في إدارة التنقل بالنسبة للحلول القائمة على SDN والتي تنقسم إلى فئتين فرعيتين: الحلول المركزية [3] [2] حيث يتم نقل عملية التسليم إلى وحدة التحكم لاتخاذ القرار المناسب هذا بدوره سوف يؤدي إلى زيادة التأخير اعتماداً على المسافة بين وحدة التحكم والعقدة المتنقلة "Mobile Node" MN. والحلول الموزعة جزئياً [4] [5] [6] يقتصر دور وحدة التحكم على إعادة توجيه المسار أما اتخاذ قرار التسليم يتم بواسطة MN. تقلل هذه الحلول من تأخير التسليم ولكنها تزيد من حمولة الـ MN بالتالي زيادة احتمالية فشل التسليم.

تتمثل المساهمة الرئيسية في عنقدة نقاط وصول شبكة IEEE802.11 قائمة على SDN. العنقدة تم إجرائها باستخدام خوارزمية K-mean والخوارزمية الجينية GA وذلك لدمج نقاط الوصول Aps المناسبة معاً بناءً على بارامترات الشبكة.



الشكل (1) مستوى التحكم ومستوى البيانات

2-هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى تحسين أداء التسليم في شبكات الجيل الخامس المعتمدة على SDN من خلال إجراء عنقدة باستخدام مزيج من خوارزمية K-mean والخوارزمية الجينية GA.

3-مواد وطرق البحث:

بدأ البحث بالتعريف بالشبكات المعرفة برمجياً (SDN) والمساهمة التي قدمتها في جعل التحكم في الشبكة مركزي، وكذلك التعريف بآلية التسليم في شبكات IEEE802.11 وكيفية إجراء العنقدة فيها وذلك بهدف تحسين أداء النظام.

اعتمد البحث في تنفيذه على العديد من المراجع والدراسات الحديثة [7][8]، كما اعتمدنا في الدراسة العملية على الـ Mininet-Wifi وهو محاكي نستطيع من خلاله محاكاة وإدارة البنية التحتية للشبكة كما يتيح للباحثين بناء وتطوير شبكة SDN افتراضية.

3-1 التسليم في شبكات IEEE802.11:

يتبع التسليم عملية التسليم القاس (Hard Handover) في هذه الشبكات أو ما يسمى الانقطاع قبل الإنشاء (Break-before-Make) والتي تتم على طورين: طور المسح وطور الارتباط [9] [10]. يبدأ طور المسح عندما تصل قوة إشارة نقطة الوصول إلى مستوى لا يوجد فيه ضمان اتصال موثوق وتحتاج MN إلى إيجاد نقطة وصول ذات قوة إشارة أفضل. إذا أسفر طور المسح عن إيجاد قائمة بنقاط وصول ذات قوة إشارة أفضل من الحالية سيبدأ طور الاقتران (الارتباط).

يتكون طور الاقتران من خطوتين فرعيتين: المصادقة وإعادة الاقتران. إذا اجتازت MN خطوة المصادقة بنجاح فسيتم إرسال رسالة إعادة الاقتران إلى نقطة الوصول الجديدة لنقل معلومات حالة الـ MN باستخدام بروتوكول (IAPP) [11].

3-2 تحديات الشبكة اللاسلكية:

تمثل قوة الإشارة المستقبلية "Received Signal Strength" RSS في الاتصالات اللاسلكية طاقة الإشارة والتي يمكن أن تنتبأ بإنتاجية الشبكة [12] [13]. حيث تتأثر قوة الإشارة بحركية MN والخصائص البيئية مثل الضجيج والخفوت ويمكن أن يؤدي تنقل MN إلى تغيير المسافة التي تحتاج إشارة الراديو اجتيازها للوصول إلى نقطة الوصول "Access Point" AP ولها تأثير على قوة الإشارة المستقبلية [14]. ولتقليل تأثير هذه البارامترات إلى أدنى حد أضفناها إلى الوظيفة الموضوعية لخوارزمية العنقدة المقترحة.

3-3 العنقدة في الشبكات اللاسلكية:

العنقدة هي عملية تنظيم الكائنات التي تشترك بمعايير محددة في مجموعات صغيرة، حيث أنها تقنية ذكاء اصطناعي (AI) تستخدم في الشبكات اللاسلكية في العديد من الجوانب منها ربط الشبكة [15] والـ Offload [16] Relay [17] حيث تم تصميم هذه الجوانب لزيادة مساحة الشبكة وسعتها. هناك العديد من خوارزميات العنقدة أكثرها شيوعاً هي k-mean [18] حيث تقوم بجمع مجموعة من الكائنات في عنقيد عن طريق تحسين وظيفة قياسية وهي المسافة الإقليدية بين الكائنات. من ناحية

أخرى فإن الخوارزمية الجينية [19] هي طريقة بحث شائعة الاستخدام لتوليد حلول عالية الجودة، حيث تقوم GA بتهيئة مجموعة من الحلول وتحسينها من خلال ثلاث خطوات (Selection-Crossover-Mutation). تم اقتراح استخدام خوارزمية هجينة بواسطة العديد من الأبحاث [20] و [21] وذلك لحذف عيوب كل من الخوارزميتين.

3-4 سيناريو العمل:

كما ذكر بأنه سوف يتم استخدام خوارزمية هجينة وبالتالي تشمل خوارزمية العنقدة المقترحة على طورين: طور K-mean وطور GA.

1-الطور الأول يبدأ بعنقدة نقاط الوصول بناءً على المسافة الإقليدية:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (1)$$

حيث:

d: المسافة الإقليدية

x_1 : موقع نقطة الوصول AP_1 على المحور الأفقي

y_1 : موقع نقطة الوصول AP_1 على المحور الشاقولي

x_2 : موقع نقطة الوصول AP_2 على المحور الأفقي

y_2 : موقع نقطة الوصول AP_2 على المحور الشاقولي

2-تدخل العناقيد التي تم إنشاؤها الطور الثاني اثنين باثنين.

3-يتم إعادة عنقدة كل عنقودين (مع نقاط وصول متعددة) في عنقودين جديدين.

4-عملية إعادة العنقدة هذه ستتبع خطوات الخوارزمية الجينية (selection-crossover-mutation)

5-تبدأ خطوة الاختيار عن طريق اختيار اثنين من نقاط الوصول بشكل عشوائي بناء على الدالة [23]

[22]

المبينة بالعلاقة (2)

$$F(x) = \sum_{i=1}^n w_i f_i = \sum w_1 F + w_2 Z + w_3 D \quad (2)$$

حيث أن:

$$w_i \geq 0 \quad \text{for } i=1, 2, \dots, n$$

F(x): يمثل تابع الملاءمة

w_i : يمثل وزن كل بارامتر من البارامترات التالية:

F: الخفوت بين نقاط الوصول لعنقودين متجاورين.

Z: الضجيج بين نقاط الوصول لعنقودين متجاورين.

D: المسافة بين نقاط الوصول لعنقودين متجاورين.

6-تم حساب قيم الملاءمة لبقية نقاط الوصول بناء على نقطتي الوصول المحددتين وتطبيق الخطوة التالية والتي يتم فيها خلط نقاط الوصول بين العنقودين وأخيراً الخطوة الأخيرة وهي خطوة عشوائية ذات احتمالية منخفضة. في النهاية سيحصل كل عنقود من العناقيد النهائية على معرف مجموعة الخدمات SSID وهو الاسم الذي يتم إدراجه عندما يبحث جهاز محمول عن شبكة لاسلكية قريبة.

3-5 البارامترات المستخدمة لتقييم أداء الشبكة:**3-5-1 الإنتاجية Throughput:**

هي معدل البيانات الذي تستقبله عقدة متنقلة لاتصال "TCP Transmission Control Protocol" بين عقدتين متنقلتين. كما أنها تعرف على أنها عدد البتات المرسله بشكل صحيح من المصدر إلى الوجهة بالثانية كما هو موضح بالعلاقة:

$$\text{Throughput} = \text{Thr} = (N * T) \quad (3)$$

حيث أن:

Thr : الإنتاجية

N: عدد البتات المرسله

T: الزمن

3-5-2 التأخير Delay:

يتم حسابه على أنه وقت تبديل الاتصال وبدء نقل البيانات على نقطة الوصول الجديدة. حدد قطاع تقييس الاتصالات التوصية بشأن التأخير أحادي الاتجاه للخدمات الصوتية والوسائط المتعددة أقل من 50 مللي ثانية موصى بها، ومقبولة من 50 إلى 150 مللي ثانية، ومقبولة بشروط من 150 إلى 400 مللي ثانية، وما يزيد عن 400 مللي ثانية غير مقبول. حيث تم تحديد عتبة للاستطاعة عند تجاوز هذه العتبة تقوم الـ MN بتبديل الاتصال ونقل البيانات إلى نقطة الوصول ذات الاستطاعة الأكبر.

$$\text{Th} = \text{Threshold} = -65\text{dBm} \quad (4)$$

حيث:

Th=عتبة الاستطاعة التي يتم عندها تبديل الاتصال إلى نقطة وصول جديدة AP

3-5-3 فشل التسليم Handover failure:

يُعرف على أنه عدد حالات فشل التسليم التي تظهر في النظام. أي أنه في حال لم يكن هناك مسار بين العقد تعد حالة فشل تسليم.

4-النتائج والمناقشة:

يتم في هذا القسم عرض البيئة والنتائج التي حصلنا عليها حيث تم نشر 14 نقطة وصول AP في منطقة مساحتها 300*300. تم تنفيذ هذا البحث باستخدام برنامج Mininet-Wifi [24] و SDN -RYU [25] Controller. يوضح الجدول (1) البارامترات النموذجية المستخدمة:

البارامترات النموذجية المستخدمة (الجدول(1)

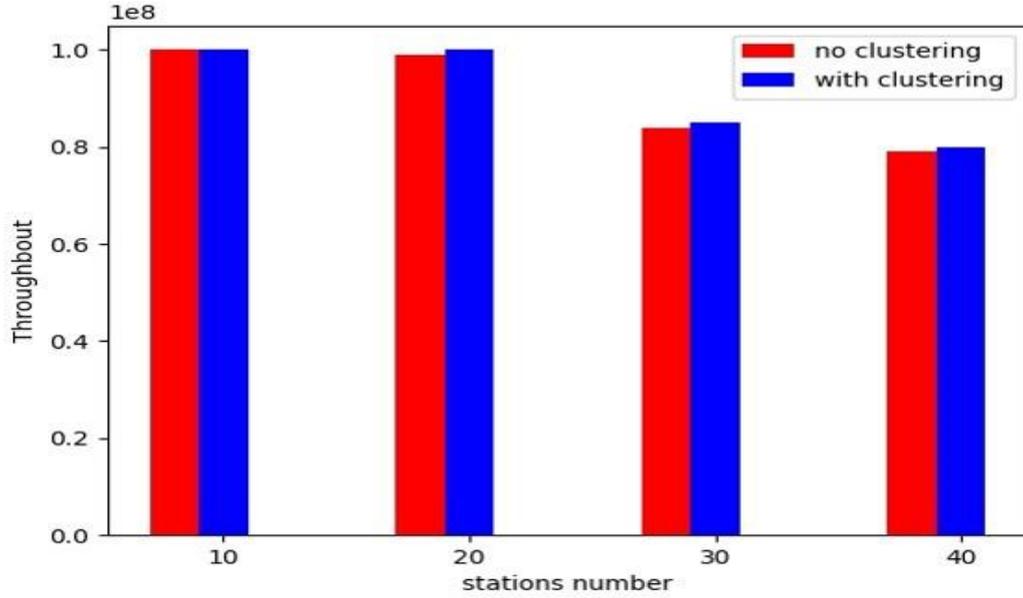
Parameter	Value
Area size	300*300 m ²
Number of Aps	14
AP range	65 m
Ap technology	IEEE 802.11g
MNs mobility model	Random waypoint
Pathloss model	Log distance
Pathloss exp.	3.5

الشكل (2) مخطط الشبكة ضمن المنطقة 300*300

- المنطقة مغطاة بالكامل بنقاط الوصول التي ترتبط خطياً ببعضها البعض وبجهاز تحكم عن بعد Open Flow (Ryu).
- يختلف عدد MNs المرتبطة بـ AP الخاصة بالعنقود وفقاً لموقعها بحد أقصى 20 عقدة / AP.
- يتبع تنقل MN نموذج التنقل Random-Waypoint بسرعة (0.7-0.9) م / ثا.
- يمكن أن تكون شبكات MN المرتبطة شاغرة، عندما لا تولد حركة مرور، أو نشطة، عندما تولد حركة مرور TCP.

• يبدأ اتصال TCP بين كل عقدتين بشكل عشوائي بحيث أنه إذا تم إنشاء مسار بين العقد، فسيتم بدء الاتصال، ويتم حساب معدل البيانات إذا لم يكن هناك مسار بين العقد، فسيتم احتساب فشل التسليم.

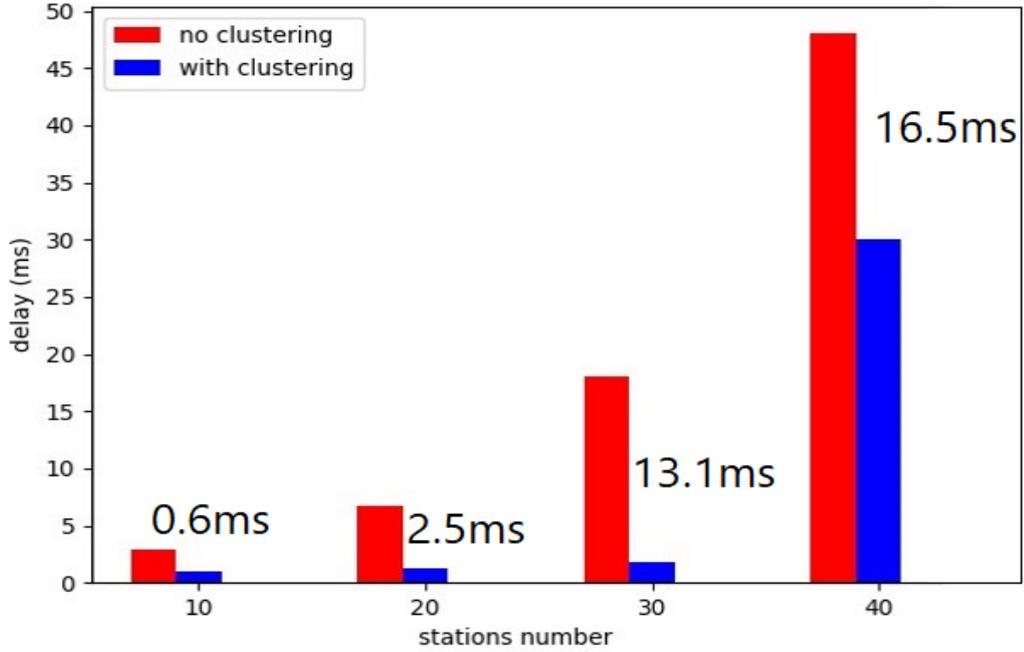
• تم ضمن السيناريو المقترح تحديد عدد العقد في النظام بين 10 إلى 40 MNs.



الشكل (3) إنتاجية الشبكة

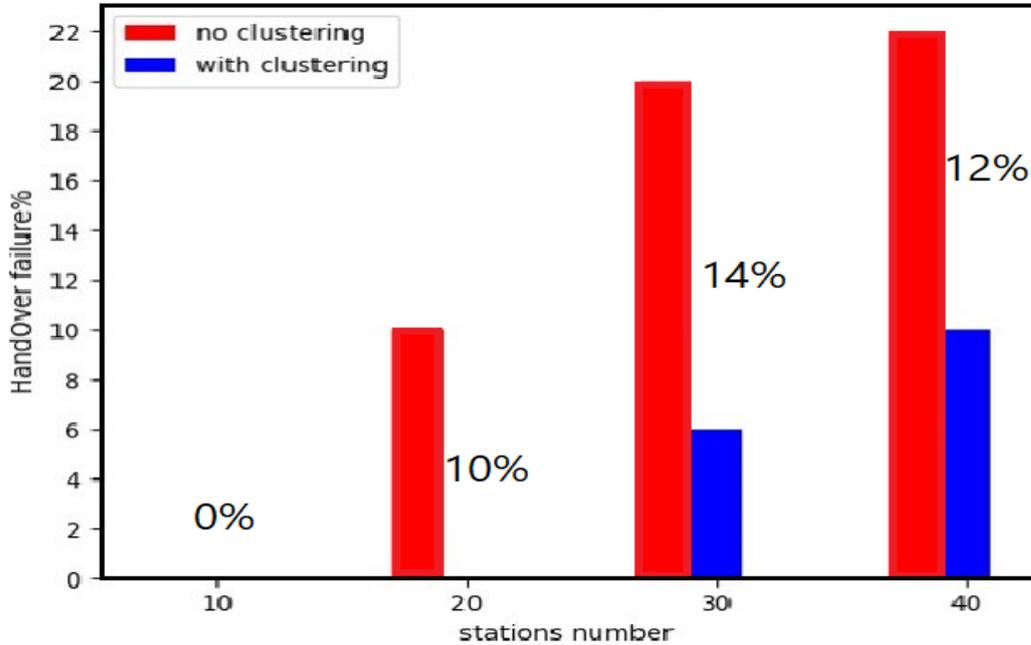
بعد حساب الإنتاجية من العلاقة (3) تم توضيح انخفاض القيم وفق الشكل (3) وسبب هذا الانخفاض هو زيادة عدد العقد من 10 إلى 20 إلى 30 ثم 40 وبالتالي زيادة مشغولية الشبكة وازدياد الازدحام وهذا بدوره يؤدي إلى انخفاض الإنتاجية.

فمن أجل 10 عقد فقط كانت الإنتاجية كبيرة وصلت إلى 100 ميغابت بالثانية ثم أخذت بالانخفاض مع زيادة عدد العقد. كما نلاحظ أن الفرق في الإنتاجية غير ملحوظ بين الحالة غير العنقودية والحالة العنقودية.



الشكل (4) التأخير في الشبكة

من أجل التأخير ذكرنا سابقاً أنه وقت تبديل الاتصال وبدء نقل البيانات على نقطة الوصول الجديدة وفقاً للعتبة التي تم تحديدها في العلاقة (4) حيث أنه بعد تطبيق الخوارزمية المقترحة نلاحظ كما هو موضح في الشكل (4) أن القيمة العظمى للتأخير من أجل 40 عقدة كان تماماً 31.5 ثانية ووفق التوصية تعتبر هذه القيمة موصى بها وعند المقارنة مع الحالة غير العنقودية نجد أن هناك تحسن كبير في التأخير بمقدار 16.5ms.



الشكل (5) عدد حالات فشل التسليم في الشبكة

نلاحظ من الشكل(5) اختلاف عدد حالات فشل التسليم في الشبكة، حيث أنه عند زيادة عدد العقد سوف تزداد كمية البيانات المرسله وبالتالي ستزداد مشغولية الشبكة وهذا سينتج عنه زيادة في حالات فشل التسليم.

عند اختبار شبكة تحتوي على 40 عقدة نستطيع ملاحظة الفرق الكبير في كمية البيانات بالنسبة إلى شبكة تحتوي على 10 عقد فقط. كما أنه بالمقارنة مع الحالة غير العنقودية من أجل 40 عقدة كان عدد حالات فشل التسليم 22% من عدد الحزم المرسله.

5-الاستنتاجات والتوصيات

1- إن عملية الدمج هذه بين خوارزمية العنقدة K-Mean والخوارزمية التطويرية GA ساهمت في حذف عيوب كل من الخوارزميتين والوصول إلى توزيع أمثل لعقد الشبكة بشكل يضمن تحقيق الهدف المتوقع من هذا الدمج.

2- أثبتت الخوارزمية المقترحة فعاليتها في تقليل عدد حالات فشل التسليم وأيضاً تقليل التأخيرات في النظام بنسبة تتراوح بين 5-15% وبالتالي تحقيق هدف التسليم في ضمان استمرارية الاتصال.

3-يمكن دراسة أداء النظام من خلال استخدام خوارزميات أخرى مثل K-mean and PSO ومقارنة الأداء أو استخدام خوارزميات عنقدة أخرى مثل DBSCAN وMean-shift ودمجها مع الخوارزميات التطويرية ومقارنة أدائها مع K-mean.

6-المراجع:

- [1] Akyildiz, I. F., Nie, S., Lin, S.-C., & Chandrasekaran, M. (2016). 5g roadmap: 10 key enabling technologies. *Computer Networks*, 106, 17–48.
- [2] Tartarini, L., Marotta, M. A., Cerqueira, E., Rochol, J., Both, C. B., Gerla, M., & Bellavista, P. (2017). Software-defined handover decision engine for heterogeneous cloud radio access networks. *Computer Communications*.
- [3] Chourasia, S. & Sivalingam, K. M. (2015). Sdn based evolved packet core architecture for efficient user mobility support. In *Network Softwarization (NetSoft), 2015 1st IEEE Conference on*, (pp. 1–5). IEEE.
- [4] Giust, F., Cominardi, L., & Bernardos, C. J. (2015). Distributed mobility management for future 5g networks: overview and analysis of existing approaches. *IEEE Communications Magazine*, 53(1), 142–149.
- [5] Nguyen, T.-T., Bonnet, C., & Harri, J. (2016). Sdn-based distributed mobility management for 5g networks. In *Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2016 IEEE*, (pp. 1–7). IEEE.
- [6] Ko, H., Jang, I., Lee, J., Pack, S., & Lee, G. (2017). Sdn-based distributed mobility management for 5g. In *Consumer Electronics (ICCE), 2017 IEEE International Conference on*, (pp. 116–117). IEEE.

- [7] (إنترنت IOT غصنة، ف؛علي، ل؛إسماعيل، ل. 2019 "التكامل بين شبكات الجيل الخامس وشبكات الأشياء) إمكانية التحقيق وجودة الأداء". مجلة جامعة طرطوس
- [8] في أنظمة Massive MIMO للهوائي الفائق BO-DPD غصنة، ف؛قاسم، عدي، ل. 2020 "تحسين تقنية 5G الجيل الخامس الخلوية"
- [9] Basloom, S., Akkari, N., & Aldabbagh, G. (2018). Mobility management in the sdn and nfv-based next-generation wireless networks: An overview and qualitative evaluation. unpublished.
- [10] Mishra, A., Shin, M., & Arbaugh, W. (2003). An empirical analysis of the ieee 802.11 mac layer handoff process. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 33(2), 93–102.
- [11] Huang, P.-J., Tseng, Y.-C., & Tsai, K.-C. (2006). A fast handoff mechanism for ieee 802.11 and iapp networks. In *Vehicular Technology Conference, 2006. VTC 2006-Spring*. IEEE 63rd, volume 2, (pp. 966–970). IEEE.
- [12] Zhu, H., Li, M., Chlamtac, I., & Prabhakaran, B. (2004). A survey of quality of service in ieee 802.11 networks. *IEEE Wireless Communications*, 11(4), 6–14.
- [13] Pavon, J. P. & Choi, S. (2003). Link adaptation strategy for ieee 802.11 wlan via received signal strength measurement. In *Communications, 2003. ICC'03. IEEE International Conference on*, volume 2, (pp. 1108–1113). Citeseer.
- [14] Bettstetter, C., Hartenstein, H., & P'erez-Costa, X. (2004). Stochastic properties of the random waypoint mobility model. *Wireless Networks*, 10(5), 555–567.
- [15] Basloom, S., Nazar, A., Aldabbagh, G., Abdullah, M., & Dimitriou, N. (2016). Resource allocation using graph coloring for dense cellular networks. In *2016 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC)*, (pp. 1–5). IEEE.
- [16] Khalifah, A., Akkari, N., Aldabbagh, G., & Dimitriou, N. (2016). Hybrid femto/macro rate-based offloading for high user density networks. *Computer Networks*, 108, 371–380.
- [17] Hajjar, M., Aldabbagh, G., & Dimitriou, N. (2015). Using clustering techniques to improve capacity of lte networks. In *Communications (APCC), 2015 21st Asia-Pacific Conference on*, (pp. 68–73). IEEE.
- [18] Pollard, D. (1981). Strong consistency of k-means clustering. *The Annals of Statistics*, 135–140.
- [19] Ishibuchi, H. & Murata, T. (1998). A multi-objective genetic local search algorithm and its application to flowshop scheduling. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 28(3), 392–403.
- [20] Zeebaree, D. Q., Haron, H., Abdulazeez, A. M., & Zeebaree, S. R. (2017). Combination of k-means clustering with genetic algorithm: A review. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(24), 14238–14245.
- [21] Demiriz, A., Bennett, K. P., & Embrechts, M. J. (1999). Semi-supervised clustering using genetic algorithms. *Artificial neural networks in engineering (ANNIE-99)*, 809–814.
- [22] Newman, T. R., Barker, B. A., Wyglinski, A. M., Agah, A., Evans, J. B., & Minden, G. J. (2007). Cognitive engine implementation for wireless multicarrier transceivers. *Wireless communications and mobile computing*, 7(9), 1129–1142.
- [23] Ishibuchi, H. & Murata, T. (1998). A multi-objective genetic local search algorithm and its application to flowshop scheduling. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 28(3), 392–403.
- [24] Fontes, R. R., Afzal, S., Brito, S. H., Santos, M. A., & Rothenberg, C. E. (2015). Mininet-wifi: Emulating software-defined wireless networks. In *Network and Service Management (CNSM), 2015 11th International Conference on*, (pp. 384–389). IEEE.
- [25] Ryu, S. (2016). Framework.