

A Study of Handover Performance in Both SA & NSA Architectures as a Step to Achieve Load Balancing in 5G Wireless Networks

Dr. Ahmad Saker Ahmad*
Dr. Ahmad Mahmoud Ahmad**
Lama Douba***

(Received 21 / 4 / 2022. Accepted 18 / 9 / 2022)

□ ABSTRACT □

Mobility Load Balancing (MLB) and Handover Management in 5G networks are among the most important issues of interest to researchers and cellular network operators, because of their impact on Quality of Service and Resource Efficiency. achieving Load Balancing in 5G networks depends on a process called Offloading, Which is based on the displacement of users from an Overloaded cell to an under-loaded neighboring cell by modifying the Handover parameters, to force users to move to a neighboring cell and thus changing the serving base station.

This paper presents a study of the two 5g architectures which are proposed by 3GPP (Third Generation Partnership Project), The Standalone and Non-Standalone architectures, and an evaluation of the performance of Handover process in each of them. It also presents a study of the Handover parameters and their role in Offloading as a step to achieve Load Balancing. the performance of the Handover and Offloading process in both architectures are evaluated in terms of throughput and latency.

The results show that the performance of the Handover and Offloading processes in the Standalone architecture is better than the Non-Standaone architecture according to the two studied performance evaluation metrics.

Keywords: 5g, MLB, Handover , Offloading , Standalone architecture , Non-Standalone architecture.

* Professor, Department of Computer Systems and Networks, Faculty of Informatics Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. Email: ahmad.s.ahmad@tishreen.edu.sy

** Associate Professor, Department of Computer Systems and Networks, Faculty of Informatics Engineering , Tishreen University, Lattakia, Syria. Email: ahmad.m.ahmad@tishreen.edu.sy

*** PhD Student, Department of Computer Systems and Networks, Faculty of Informatics Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. Email: lama.douba@tishreen.edu.sy

دراسة أداء عملية التسليم في المعماريات المستقلة وغير المستقلة كخطوة لتحقيق موازنة الحمل في شبكات الجيل الخامس اللاسلكية

د. أحمد صقر أحمد*

د. أحمد محمود أحمد**

لمى دوبا***

(تاريخ الإيداع 21 / 4 / 2022. قُبِلَ للنشر في 18 / 9 / 2022)

□ ملخّص □

يعدّ تحقيق موازنة حمل التنقل (MLB (Mobility Load Balancing)، وإدارة التسليم (Handover Management) في شبكات الجيل الخامس من أهم القضايا التي تحظى باهتمام الباحثين والشركات المشغلة للشبكات الخليوية، لتأثيرهما على جودة الخدمة وكفاءة استخدام الموارد. يعتمد تحقيق موازنة الحمل في شبكات الجيل الخامس على عملية تسمى تفريغ الحمل (Offloading) والتي تعتمد على إزاحة المستخدمين من خلية مثقلة (Overloaded) إلى خلية مجاورة أقل حملاً، وذلك بتعديل بارامترات التسليم (Handover HO) لإجبار المستخدمين على الانتقال إلى خلية مجاورة، وبالتالي تغيير المحطة القاعدية المخدمة. يقدم هذا البحث دراسة عن معماريتي الجيل الخامس المقترحتين من قبل 3GPP (Third Generation Partnership Project) وهما المعمارية المستقلة وغير المستقلة، وعملية التسليم في كل منها. كما يقدم دراسة عن بارامترات التسليم HO ودورها في التفريغ كخطوة لتحقيق موازنة الحمل، إذ يُقِيم أداء عملية التسليم HO وتفريغ الحمل في كلتا المعماريات من حيث الانتاجية والتأخير. بينت النتائج أن أداء عملية التسليم وتفريغ الحمل في المعمارية المستقلة أفضل من المعمارية غير المستقلة وفق عاملي تقييم الأداء المدروسين.

الكلمات المفتاحية: شبكات الجيل الخامس، موازنة حمل التنقل، التسليم، التفريغ، المعمارية المستقلة، المعمارية غير المستقلة.

* أستاذ - قسم النظم والشبكات الحاسوبية - كلية الهندسة المعلوماتية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Email: ahmad.s.ahmad@tishreen.edu.sy

** أستاذ مساعد - قسم النظم والشبكات الحاسوبية - كلية الهندسة المعلوماتية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Email: ahmad.m.ahmad@tishreen.edu.sy

*** طالبة دكتوراه - قسم النظم والشبكات الحاسوبية - كلية الهندسة المعلوماتية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Email: lama.douba@tishreen.edu.sy

مقدمة:

يعد نشر خلايا من النوع Small cells في شبكات الجيل الخامس 5g من أهم الحلول التي يعتمد عليها مشغلو الشبكات الخلوية لزيادة السعة وتأمين التغطية [1] ، لاسيما في الأماكن المزدحمة كالأسواق التجارية والملاعب، وذلك بنشر محطات قاعدية صغيرة الحجم ذات استهلاك طاقة منخفض و طاقة إرسال منخفضة ضمن نطاق تغطية Macrocell . ولكن ; على الرغم من الكسب المحقق بزيادة الكثافة فقد تسبب هذا النشر بزيادة عدد عمليات التسليم التي تحتاج لإدارة في شبكات الجيل الخامس لتقليل الأثر السلبي على جودة الخدمة ولاسيما من حيث الانتاجية [2]، كما أن اختلال توازن الخلايا في شبكات الجيل الخامس والنتاج عن التموضعات العشوائية للهواتف النقالة نتيجة الحركة بسرعات مختلفة ينتج عنه خلايا مثقلة تكون الموارد الراديوية فيها مستخدمة بشكل كامل ، ولايمكن أن تخدم مستخدم جديد، مما يسبب إخفاق عملية التسليم في مرحلة من مراحل المصافحة اللازمة لاتمام عملية التسليم وهي مرحلة Admission Control ، بينما الخلايا المجاورة تكون الموارد فيها غير مستخدمة بالشكل الأمثل ، وبناء على ذلك اقترحت خوارزميات لتحقيق موازنة حمل التنقل MLB لتحقيق الإزاحة لنقل عدة أجهزة من الخلية إلى الخلية المجاورة الأقل حملاً وذلك بتعديل قيم بارامترات التسليم بهدف نقل المستخدم من خلية إلى خلية مخدمة جديدة.

أهمية البحث وأهدافه:

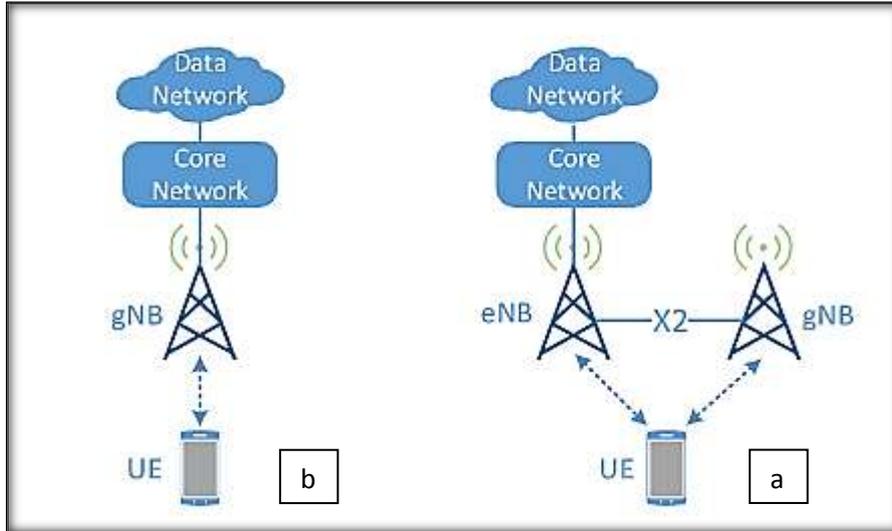
تعد عملية التسليم الخطوة الأساسية لاتمام موازنة الحمل ، بالإضافة إلى كونها عملية أساسية في الشبكات الخلوية وتضمن استمرارية الحصول على الخدمة . اقترحت جميع الدراسات التي هدفت إلى تحقيق موازنة الحمل بالاعتماد على التسليم خوارزميات في معمارية تدعى Non-Standalone أي غير المستقلة و لم تنطرق إلى المعمارية Standalone المستقلة أو حتى لدراسة تأثير المعمارية على عملية التسليم ، من هنا تأتي أهمية هذا البحث من خلال تسليط الضوء على المعماريات المتاحة في الجيل الخامس وتأثير المعمارية على عملية التسليم، وبالتالي التفريغ حيث يبين البحث تأثير المعمارية على عملية التفريغ من خلال الرسائل المتبادلة بين عناصر الشبكة واللازمة لاتمام عملية التفريغ والتي بدورها تعتبر خطوة أساسية لتحقيق موازنة الحمل وبالتالي تحقيق هدف البحث المتمثل في تحقيق أداء أفضل للشبكة وتحسين جودة الخدمة على اعتبار أن الأداء الذي يلحظه مستخدمو الشبكة يعتمد بشكل أساسي على إدارة بارامترات جودة الخدمة .

منهجية البحث:

ينطرق البحث إلى دراسة المعماريات المطروحة لشبكات الجيل الخامس ، مع توضيح رسائل signaling اللازمة لاتمام عملية التسليم في كل معمارية ، ومن ثم تتم دراسة بارامترات التسليم ودورها في تحقيق موازنة الحمل. نتبع بعد ذلك التنفيذ العملي الذي يتضمن اختيار الأداة الانسب لمحاكاة الشبكة المطلوبة ومن ثم بناء الشبكة وتحديد البارامترات وتنفيذ المحاكاة وتحليل نتائج السيناريوهات المطروحة ، ونهي البحث بالتوصيات التي تحدد الاتجاه المستقبلي للبحث.

1- معماريتي شبكات الجيل الخامس:

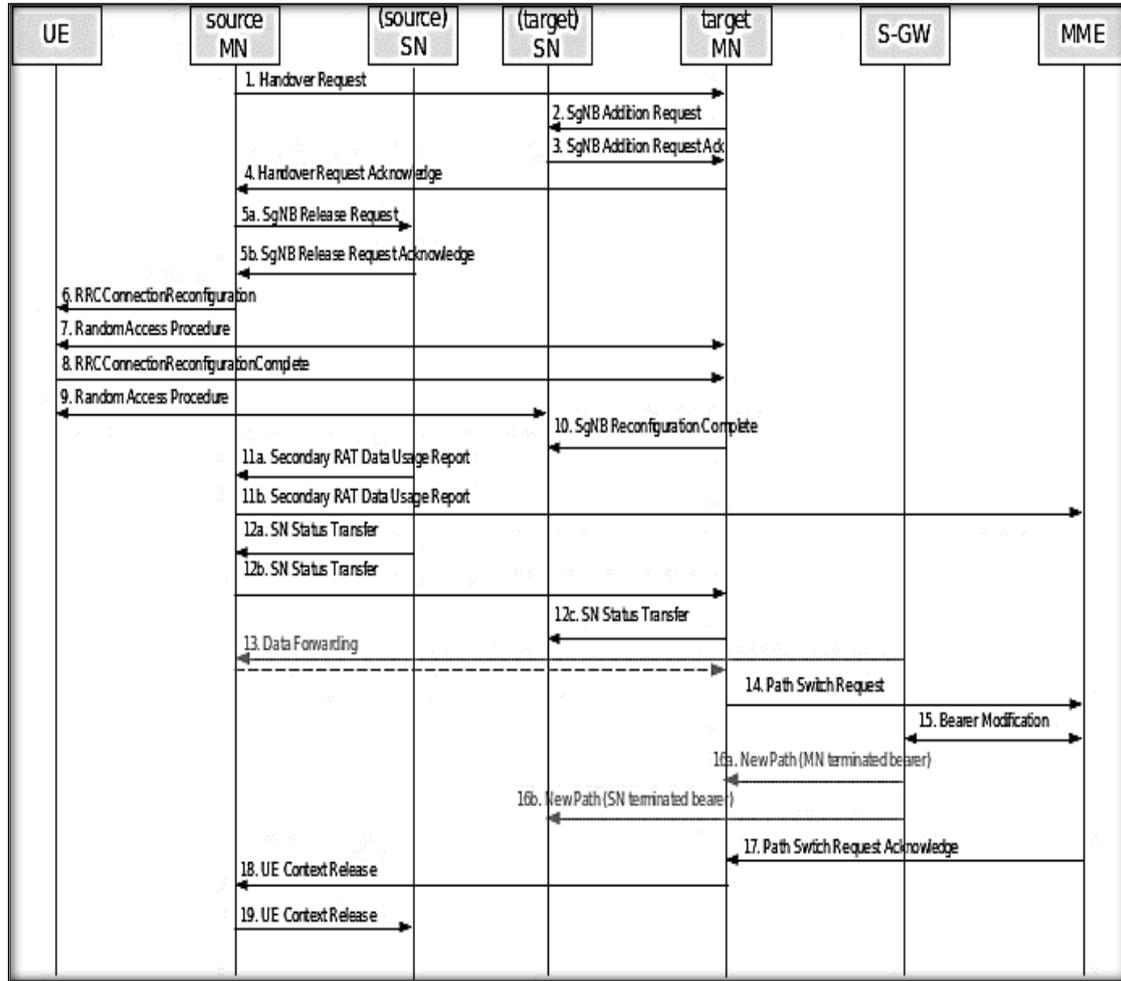
طرحت 3GPP معماريتين أساسيتين لشبكات الجيل الخامس [3] كما هو موضح بالشكل (1):



الشكل (1) معماريتي شبكات الجيل الخامس Standalone & a : Non Standalone

أولاً: المعمارية غير المستقلة (NSA) Non-Standalone :

اكتمل تطويرها عام 2017، وهي المعمارية الأولية التي لجأ إليها مشغلو الشبكات الخليوية ، تقوم على ربط الشبكة الراديوية (New Radio) 5g NR من الجيل الخامس ، المتمثلة بالمحطات القاعدية المسماة (Node B g) gNB مع الشبكة المركزية للجيل الرابع (Evolved Packet Core) EPC عن طريق الشبكة الراديوية لنظام (Long Term Evolution) LTE المكونة من المحطات (e Node B) eNB ، حيث تلعب المحطات القاعدية للجيل الرابع دور العقدة الرئيسية (Master node)، أما المحطة القاعدية gNB تكون عقدة ثانوية (Secondary node) ، و يتحقق الاتصال بينهما عن طريق واجهة X2 ، وتكون المحطة eNB هي صلة الوصل بين المحطة gNB والشبكة المركزية. كما يطلق على هذه المعمارية أيضاً اسم (Dual Connectivity)، لأنه يجب على تجهيزة المستخدم UE (User Equipment) أن تدعم نمط الاتصال (Dual Connectivity) حتى يتمكن من الاتصال بنظامي 5G & LTE. يتحكم نظام LTE بإدارة التنقل (Mobility Management) في معمارية NSA بشكل كامل. يعبر الشكل (2) عن عملية التسليم في بنية NSA (وهي مختلفة عن عملية التسليم بين الجيل الرابع والخامس (Inter Systems HO):



الشكل (2) عملية التسليم HO في بنية NSA

تحتاج كل عملية تسليم إلى تبادل رسائل Signaling بين مكونات الشبكة لإتمامها [4] عندما ينتقل المستخدم من نطاق محطة gNB إلى أخرى و تتلخص بالمراحل التالية :

المرحلة 1: تبدأ العقدة المركزية المخدومة (SMeNB) Serving Master eNB بتهيئة إجراء X2 Handover وذلك بإرسال طلب HO request إلى المحطة الرئيسية الهدف (TMenB) Target Master eNB للبدء بعملية التسليم.

المرحلة 2: ترسل المحطة الرئيسية SMeNB طلباً للبدء بعملية التسليم request إلى المحطة الثانوية الهدف (TSgNB) Target Secondary gNB.

المرحلة 3: بعد وصول الرد ACK من المحطة الثانوية الهدف TSgNB بقبول البدء بالتسليم والقدرة على تخديم مستخدم جديد، ترسل المحطة الرئيسية الهدف TMenB في **المرحلة 4** الرد ack إلى المحطة الرئيسية المخدومة SMeNB بقبول عملية التسليم.

المرحلة 5: ترسل المحطة المخدومة الرئيسية SMeNB طلب للمحطة الثانوية المخدومة SSgNB لتحرير اتصال تجهيز المستخدم UE.

المرحلة 6: بعد قبول المحطة الثانوية المخدومة SSgNB تحرير الاتصال يبدأ عمل بروتوكول RRC (Radio Resource Configuration) وهو المسؤول عن إنشاء وتحرير الوصلات بين تجهيز المستخدم UE والمحطة القاعدية .

المرحلتان 7 و 8 : تحدث عملية مزامنة تجهيزه المستخدم UE مع المحطة الرئيسية الهدف TMeNB .

المرحلة 9: المزامنة مع المحطة الثانوية الهدف TSgNB والتي تبدأ بعملية النفاذ العشوائي Random Access وهي عملية يقوم بها تجهيز المستخدم UE عند النفاذ لأول مرة بعد عملية التسليم .

المرحلة 10: عند إتمام انشاء الاتصال مع المحطة الهدف الثانوية TSgNB عن طريق رسائل بروتوكول RRC يتم إعلام المحطة الرئيسية المخدمة SMeNB بنجاح الاتصال.

المرحلة 11: ترسل المحطة المخدمة الثانوية SSgNB للمحطة الرئيسية SMeNB تقريراً حول كمية البيانات التي قام بإرسالها أو استقبلها تجهيز المستخدم UE عن طريقة الوصلة الراديوية للجيل الخامس NR ، ومن ثم بدورها ترسل هذا التقرير إلى MME لتزويد معلومات حول استخدام تجهيز المستخدم UE للموارد.

المرحلة 12: ترسل المحطة الثانوية المخدمة SSgNB رسالة SN status transfer للبدء بالمزامنة مع المحطة الهدف TSgNB .

المرحلة 13: يُعاد توجيه البيانات من المحطة الرئيسية المخدمة SMeNB .

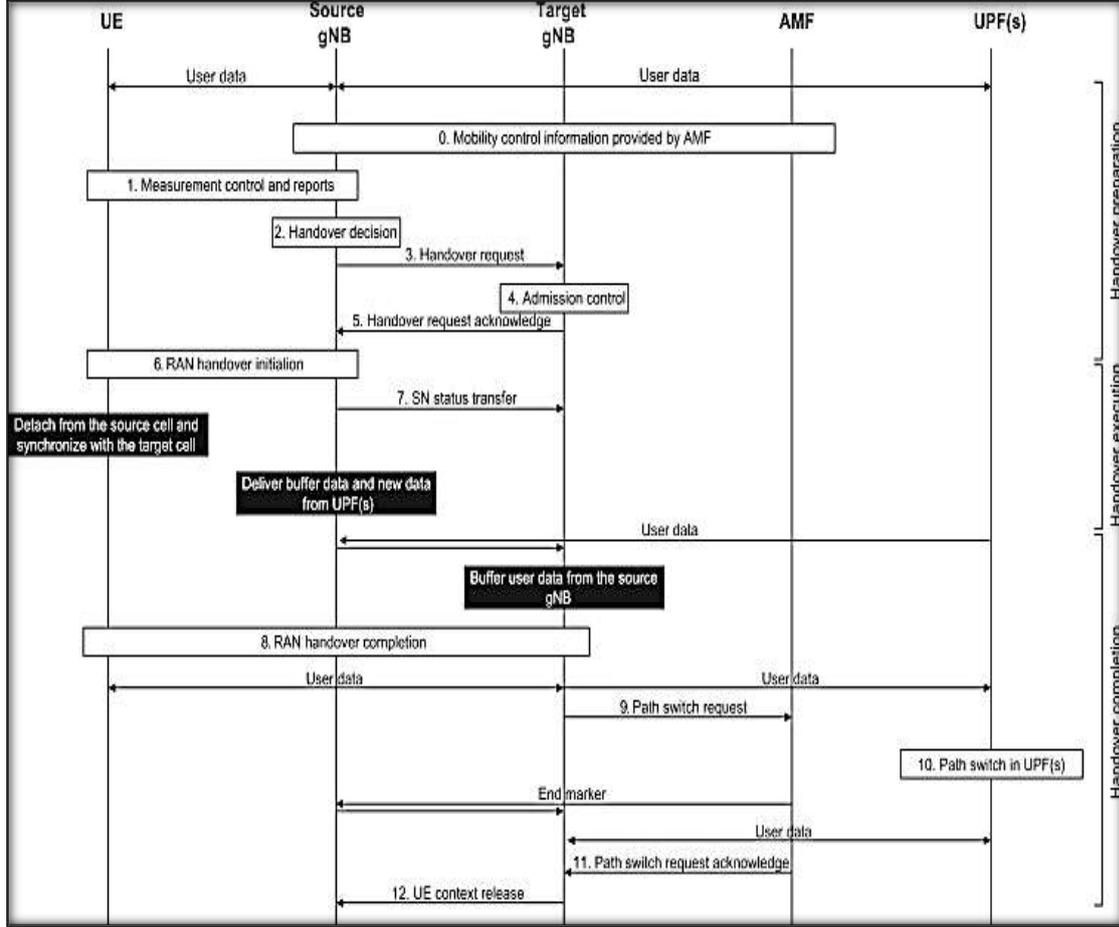
المرحلة 14 وحتى المرحلة 17: تهيئة لنقل مسار المستخدم في الشبكة المركزية .

المرحلة 18: العقدة المركزية الهدف TMeNB تهيء عملية تحرير موارد المستخدم المحجوزة من قبل المحطة المخدمة الرئيسية SMeNB .

المرحلة 19: تحرير الموارد المحجوزة للمستخدم في المحطة الثانوية المخدمة SSgNB .

ثانياً: المعمارية المستقلة (SA) Standalone :

اكتمل تطويرها عام 2018، وهي معمارية نقية للجيل الخامس تتكون من النظام الراديوي للجيل الخامس 5gNR الذي يتألف من المحطات القاعدية gNB ومن ثم الشبكة المركزية للجيل الخامس 5GC ، وبذلك تُعد معمارية End to End Architecture . يوضح الشكل (3) عملية التسليم في البنية SA:



الشكل (3) عملية التسليم في بنية SA

رسائل Signaling لعملية التسليم في المعمارية SA [5]:

المرحلة 1: تُعدّ مرحلة التهيئة لعملية التسليم HO ، إذ تتضمن كل من القياسات التي تُنفَّذ في المحطة القاعدية المخدّمة (SgNB) Serving gNB وذلك من خلال قياس الحمل على هذه المحطة والمحطات المجاورة ، والقياسات التي تتم من قِبَل تجهيز المستخدم UE لقياس قوة الإشارة للمحطة المخدّمة والمحطات المجاورة ، ويقوم تجهيز المستخدم UE بإرسال تقارير بهذه القياسات للمحطة القاعدية المخدّمة .

المرحلة 2: تتخذ المحطة القاعدية المخدّمة SgNB اعتماداً على القياسات المذكورة بالمرحلة 1 قراراً بالبداية بعملية HO عند الحاجة إليها.

المرحلة 3: ترسل المحطة القاعدية المخدّمة SgNB إلى المحطة القاعدية الهدف Target gNB (TgNB) طلب (Request) للبدء بعملية التسليم HO.

المرحلة 4: تنفيذ الإجراء Admission Control لبيان فيما إذا كانت المحطة القاعدية الهدف باستطاعتها أن تسند موارد إلى تجهيز المستخدم UE .

المرحلة 5: ترسل المحطة القاعدية الهدف TgNB الرد (ack req HO) إلى المحطة المخدّمة SgNB لاتمام عملية التسليم.

المرحلة 6: ترسل المحطة القاعدية المخدّمة SgNB أمر إلى تجهيز المستخدم UE عبر الواجهة الراديوية Uu ليحضر الاتصال معها عن طريق رسائل المصافحة لبروتوكول RRC .

المرحلة 7: تُنقل فيها الوصلة الصاعدة والهابطة وبيانات المستخدم الموجودة في رتل الانتظار إلى المحطة الهدف TgNB .
في المرحلة 8 : تُنهي عملية مزامنة تجهيز المستخدم UE إلى الخلية الهدف وتنتهي مرحلة تنفيذ عملية التسليم HO .
في المرحلة 9: تبدأ مرحلة اتمام عملية التسليم إذ تقوم المحطة القاعدية الهدف TGNB بإرسال طلب ل AMF بأن تجهيز المستخدم UE قام بتغيير الخلية التي يتبع لها وبالتالي تطلب تغيير المسار ضمن UPF .
المرحلة 10: ترسل AMF رسالة إعلام ack بنجاح إتمام نقل المسار .
المرحلة 11: يتم إعلام المحطة السابقة بإمكانية تحرير الموارد الراديوية التي كانت محجوزة للمستخدم.

2- بارامترات التسليم HO Parameters ودورها في موازنة حمل التنقل MLB :

يعتمد اتخاذ قرار التسليم في النموذج التقليدي لعملية التسليم على قيمة قوة الإشارة المرجعية المستقبلية Reference Signal Receive Power (RSRP) ، والتي تُعدُّ من بارامترات النظام ، لفرض الحاجة لعملية التسليم HO . بينما وبسبب الحاجة إلى إدارة التسليم لتفادي المشاكل التي ظهرت مع زيادة كثافة الشبكات كعمليات التسليم غير الضرورية وأحداث Ping Pong، أصبح قرار التسليم (HO Decision) يعتمد على بارامترات التحكم بالتسليم Handover Control Parameters (HCP) [6] إلى جانب RSRP وهذه البارامترات هي:

- **Handover Margin (HOM):** يستخدم للتحكم بقرار التسليم HO Decision ، إذ تعتمد قيمته على سرعة تنقل المستخدم وبعده عن حدود الخلية ، و تضاف قيمته إلى قيمة RSRP ، ويتخذ قرار التسليم في حال حققت المحطة القاعدية الهدف المتراجحة التالية[7]:

$$RSRP_{Target} > RSRP_{Serving} + HOM \quad (1)$$

- **(TTT) Time To Trigger:** والذي يستخدم ليعطل أثر Ping Pong . يعد ضبط قيمة هذا البارامتر حرجاً ، ففي حال كان ذو قيمة عالية سيتسبب بانقطاع الخدمة بسبب التسليم المتأخر (Too Late Handover). تأخذ الفواصل الزمنية ل TTT قيم من 0 وحتى 5.12 ثانية [6] ، و تغيير قيم هذا البارامتر بعملية واحدة لعدة مستخدمين في الخلية قراراً خاطئاً بسبب اختلاف ظروف المستخدمين ومواقعهم ضمن الخلية ، لذلك يجب تغيير هذا البارامتر بشكل فردي لكل مستخدم. إن لاختيار القيمة المناسبة لكل من TTT & HOM دور بالاحتفاظ بالارتباط مع المحطة القاعدية المخدومة لأطول فترة ممكنة ، وبالتالي تقليل عمليات التسليم غير الضرورية.

- **(CIO) Cell Individual Offset:** بتعديل قيم هذا البارامتر فإن الحدود الافتراضية للخلية تتغير ومساحة الخلية تتناقص أو تزيد، ولكن النقصان الكبير بقيمة CIO يسبب مايسمى التسليم المبكر Too Early Handover والذي يزيد من معدل عدد عمليات التسليم غير الضرورية ويسبب انقطاعاً في الخدمة. من أجل كل محطة قاعدية تُحدَّد قيمة CIO بينها وبين كل محطة مجاورة ، وبالتالي لكل محطة قاعدية أكثر من قيمة لبارامتر CIO [8].

- **Hysteresis (hyst):** يستخدم لضمان أن الخلية المجاورة لديها القدرة على تخديم مستخدم جديد أفضل من الخلية الحالية ، وعندها يُتخذ قرار التسليم .

تعتمد توابع MLB على تعديل قيم هذه البارامترات[9] لتحقيق الإزاحة من الخلية المثقلة إلى خلية مجاورة قادرة على إسناد موارد Physical Resource Block RRBs للمستخدمين، وذلك بإنقاص قيمة CIO للخلية المخدومة وبالتالي إنقاص مساحة التغطية وإجبار تجهيز المستخدم UE على الانتقال إلى الخلية المجاورة ، كما أن إنقاص قيمة TTT

يستخدم لانقاص زمن الارتباط بين المحطة القاعدية المخدّمة وتجهيز المستخدم UE ، و إنقاص قيمة Hyst [10] وبالتالي استعداد الخلية المجاورة لتخديم المستخدم بشكل أفضل من الخلية الحالية.

3- التنفيذ العملي:

قارن البحث أداء عملية التسليم بين المعماريين SA & NSA ، إذ استخدم Omnet++ v 5.6.2 [11] كبيئة تطوير تعتمد على لغة ++C لبناء محاكاة للشبكة وذلك بتنصيب INET framework V4.2.5 [12] ومن ثم simu5G [13] v1.1.0 ، على laptop بالمواصفات الموضحة بالجدول (1) :

جدول (1) مواصفات الجهاز

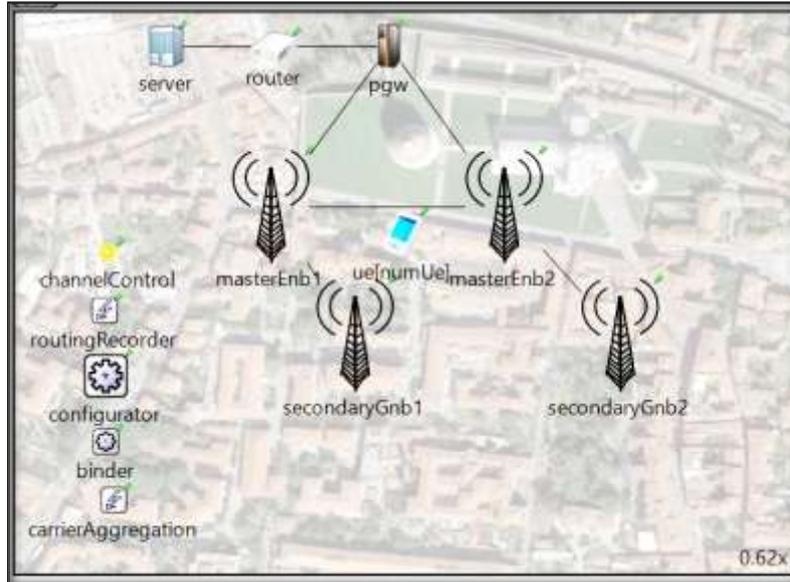
CPU	HARD	RAM
11th Gen Intel(R) Core(TM) i7-1165G7 @ 2.80GHz	512 GB	16.0
GHz	SSD	GB

اختيرت هذه البيئة كونها تدعم كلتا المعماريين وتدعم إدارة التسليم . تتكون بنية المشروع في Omnetpp من ثلاث أنواع من الملفات : الأول NED file والذي تُبنى فيه عناصر الشبكة التي يعدّ كل منها submodule ، ومن خلال هذا الملف تُضاف الاتصالات بين المكونات [14] ، والثاني omnetpp.ini وفيه تُضبط الإعدادات وبارامترات المحاكاة كما في الجدول (2) و (3)، و الثالث ملفات ++C إذ يوجد لكل عقدة ولكل تطبيق ولكل عملية (مثل عملية التسليم) ملفات لاحقتها (.cc). موزعة ضمن ملفات INET & simu5G ، يحدد ضمنه سلوك العقدة behavior . السيناريو الأول: بناء شبكة ذات البنية غير المستقلة NSA كما في الشكل (4) ، وتنفيذ عملية التسليم HO لهاتف نقال يتحرك بسرعة 50km/h بالاعتماد على البارامترات التالية :

الجدول (2) بارامترات السيناريو الأول

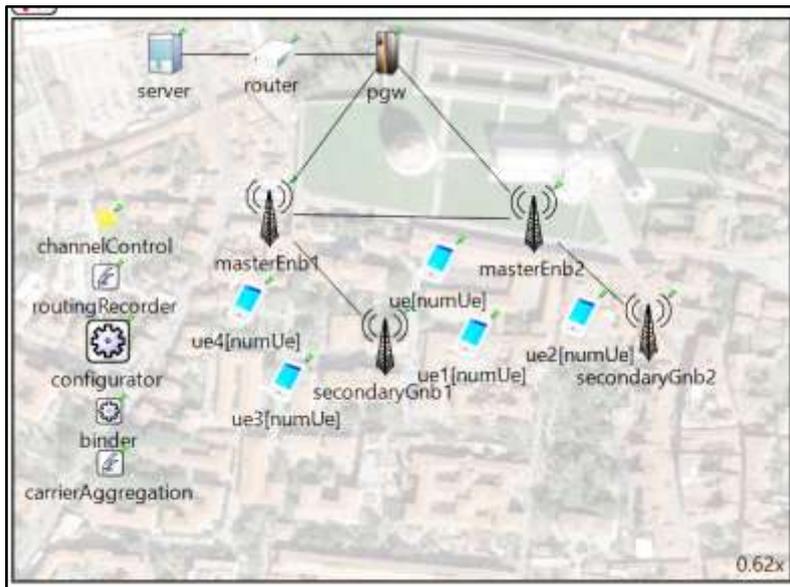
البارامتر	قيمة البارامتر
عدد المحطات القاعدية eNB	2
عدد المحطات القاعدية gNB	2
عدد الهواتف النقالة في التجربة 1	1
عدد الهواتف النقالة في التجربة 2	5
طاقة الإرسال للمحطة القاعدية eNB	46 dbm(decibel milliwatts)
طاقة الإرسال للمحطة القاعدية gNB	26 dbm
طاقة الإرسال لتجهيز المستخدم UE	20 dbm
التطبيق المسند	VOIP
نمط حركة تجهيز المستخدم UE أثناء التسليم	Linear mobility
سرعة تنقل تجهيز المستخدم UE	50km/h
زمن المحاكاة	60 ثانية

إذ اعتمد في اختيار طاقة الإرسال للمحطات القاعدية وتجهيز المستخدم على القيم الافتراضية لطاقة الإرسال في بيئة العمل (simu5g framework) ، أما سرعة تنقل تجهيز المستخدم فقد اختيرت هذه القيمة لأن نمط الحركة linear mobility وفي هذا النمط يتم اختيار سرعات تتراوح بين 10 m/s و 18 [14] .



الشكل (4) الشبكة المدروسة في السيناريو الأول تجربة 1

قمنا بإعادة تنفيذ السيناريو بتجربة ثانية وهي تنفيذ عملية الإفرغ Offloading ، إذ أُضيفت 4 تجهيزات مستخدم UE في الخلية الأولى وفي الثانية مستخدم وحيد، ثم أُجبر 2UE مستخدمين (UE,UE1) على تنفيذ أمر التسليم كما يظهر الشكل (5) :



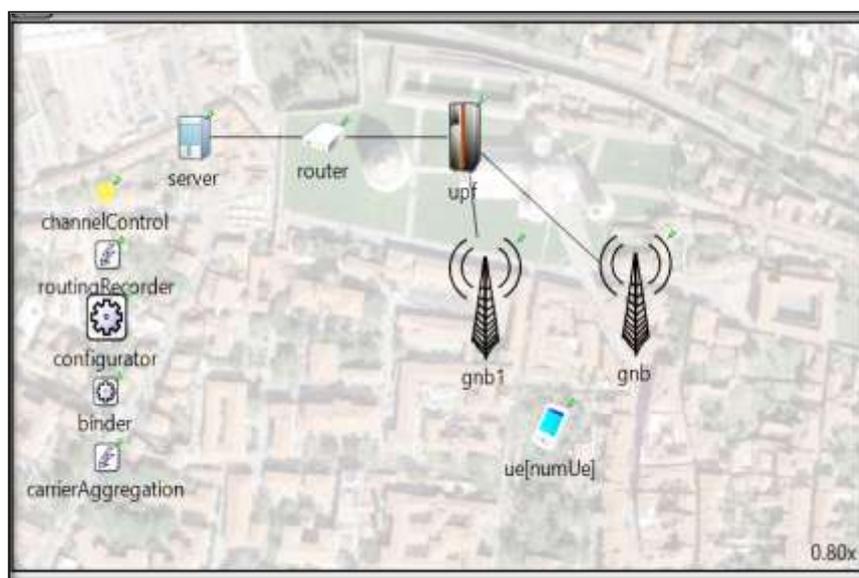
الشكل (5) الشبكة المدروسة في السيناريو الأول تجربة 2

السيناريو الثاني : بناء شبكة ذات البنية مستقلة SA كما في الشكل (6) وتنفيذ عملية التسليم HO لهاتف نقال يتحرك بسرعة 50km/h بالاعتماد على البارامترات التالية:

الجدول (3) بارامترات السيناريو الثاني

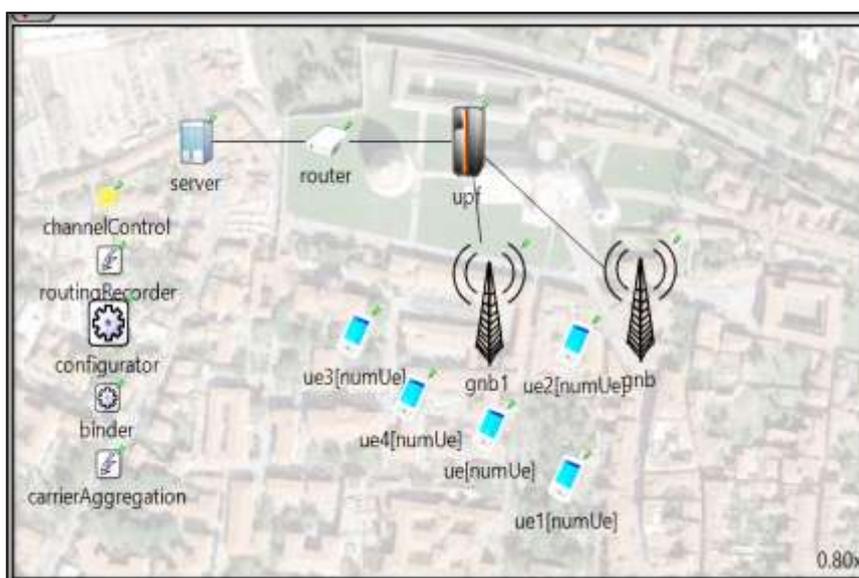
قيمة البارامتر	البارامتر
2	عدد المحطات القاعدية gNB
1	عدد تجهيزات المستخدم UE

26 dbm	طاقة الإرسال للمحطة القاعدية لgNB
20 dbm	طاقة الإرسال لتجهيز المستخدم UE
VOIP	التطبيق المسند
Linear mobility	نمط حركة UE تجهيز المستخدم أثناء التسليم
60 ثانية	زمن المحاكاة



الشكل (6) الشبكة المدروسة في السيناريو الثاني تجربة 1

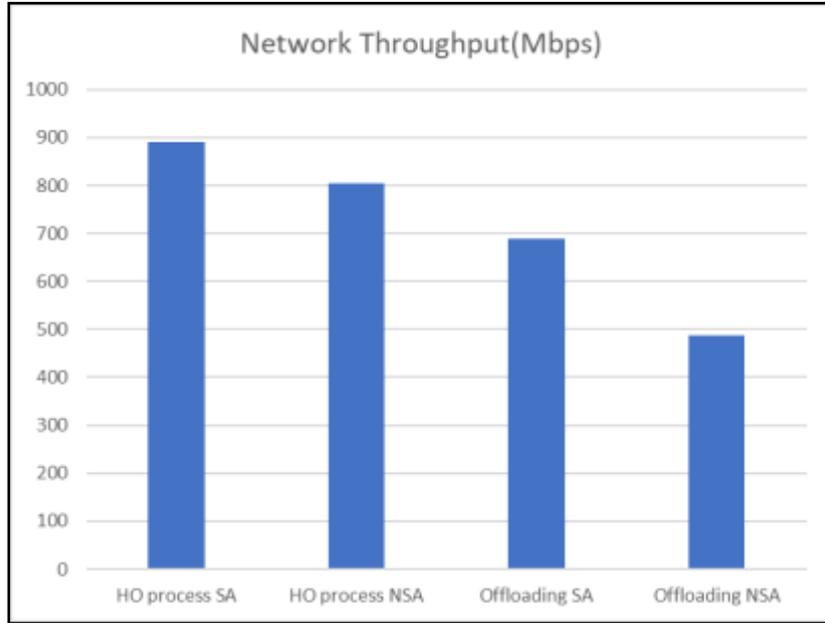
قمنا بإعادة تنفيذ السيناريو بتجربة ثانية وهي تنفيذ عملية التفرغ Offloading إذ أُضيفت 4 تجهيزات مستخدم UE في الخلية الأولى وفي الثانية مستخدم وحيد ، ثم أُجبر 2UE مستخدمين (UE,UE1) على تنفيذ أمر التسليم كما يظهر الشكل (7) :



الشكل (7) الشبكة المدروسة في السيناريو الأول تجربة 2

النتائج والمناقشة:

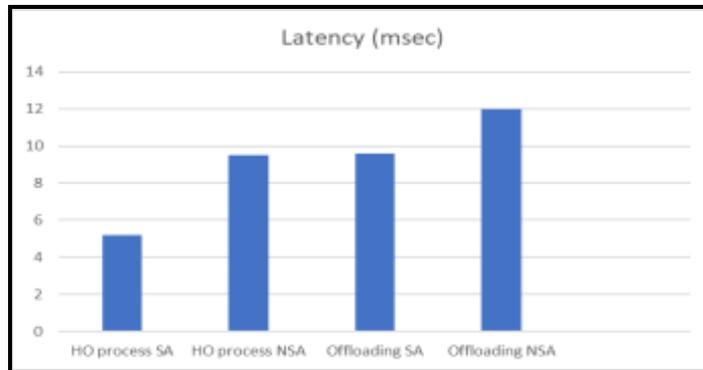
أولاً من حيث متوسط انتاجية الشبكة :



الشكل (12) نتائج المحاكاة من حيث متوسط انتاجية الشبكة (Mbps)

يظهر الشكل (12) مقارنة بين السيناريوهين SA & NSA في حالة عملية تسليم واحدة (HO process) ومن أجل عملية إزاحة لمستخدمين Offloading من خلية إلى أخرى ، كل منها فيه تجهيز مستخدم UE وذلك من حيث متوسط انتاجية الشبكة مقدرة بـ Mbps . تظهر النتائج بأن أداء عملية التسليم و الإفراغ أفضل في حالة بنية الشبكة المستقلة Standalone منه بالحالة Non-Standalone وذلك بسبب الرسائل الإضافية في البنية غير المستقلة لتمام عملية التسليم والتي تتسبب بـ signaling overhead أعلى ، و تكون على حساب إرسال بيانات المستخدم ، كما يظهر انخفاضاً في قيمة الانتاجية في تجربة عملية الإفراغ في كلتا المعماريين بسبب زيادة كثافة الشبكة من جهة ووجود عمليتي تسليم عوضاً عن عملية واحدة في التجربة الأولى.

ثانياً: من حيث زمن التأخير :



الشكل (13) نتائج المحاكاة من حيث زمن التأخير latency (msec)

يظهر الشكل (13) مقارنة بين السيناريوهين SA & NSA في حالة عملية تسليم واحدة (HO process) ومن أجل عملية إزاحة لمستخدمين (Offloading) من خلية إلى أخرى كل منها فيه تجهيز مستخدم UE من حيث زمن التأخير مقدراً بال msec . تظهر النتائج بأن أداء عملية التسليم و الإفراغ أفضل في حالة بنية الشبكة المستقلة (standalone) وذلك بسبب التأخير التراكمي الناتج عن الرسائل بين المحطة الرئيسية والثانوية والذي يتسبب بانقطاع الخدمة لفترة أطول ، كما يظهر ارتفاعاً في قيمة التأخير في تجربة عملية التفريغ في كلا المعماريين بسبب زيادة كثافة الشبكة من جهة ووجود عمليتي تسليم عوضاً عن عملية واحدة في التجربة الأولى.

الاستنتاجات والتوصيات:

تناول هذا البحث دراسة التصنيفين المقترحين لمعمارية الجيل الخامس وعملية التسليم في كل منهما . على الرغم من كون بنية NSA أفضل اقتصادياً لمشغلي الشبكات كونها تعتمد على نظام الجيل الرابع الذي أنفقت الأموال لسنوات لتوظيفه للمستخدمين ، إلا أنه تبين من خلال الدراسة أن البنية المستقلة SA تعطي أداء أفضل أثناء عملية التسليم نظراً للرسائل الإضافية المطلوبة بين العقد الرئيسية والثانوية وانقطاع الخدمة لزمن أطول حتى اتمام عملية التسليم، وهذا يمهد الطريق مستقبلاً لمتابعة العمل على تحسين تحقيق موازنة الحمل MLB المعتمد على الإفراغ وفق بنية SA، وبالتالي تقليل الأثر السلبي لعملية الموازنة على جودة الخدمة ، كما تبين الفرق في تأثير عملية التفريغ عن عملية التسليم سلباً على جودة الخدمة ، وبالتالي لابد من أخذها بالحسبان في الدراسة المستقبلية لتحقيق موازنة الحمل، تحقيق التوازن Trade-Off بين عملية الإفراغ التي تهدف لموازنة الحمل وعدد عمليات التسليم .

References:

- [1] Tanveer, J.; Haider, A.; Ali, R.; Kim, A. "An Overview of Reinforcement Learning Algorithms for Handover Management in 5G Ultra-Dense Small Cell Networks". Applied Sciences 12, no. 1 , 2022.
- [2] Lama Douba, Ahmad Saker Ahmad . "Evaluate the Performance of Handover Management Algorithms in 5G Wireless Networks". International Journal of Computer Science Trends and Technology (IJCT) V8(3): Page(34-37) May-Jun 2020.
- [3] Guangyi Liu, YuHong Huang, Zhuo Chen, Liang Liu, Qixing Wang, and Na Li, "5G Deployment: Standalone vs. NonStandalone from the Operator Perspective ",IEEE Communications Magazine • November 2020.
- [4] Adel Belguidoum , Mohamed Lamine Tounsi , S. Mekaoui , "Optimization of 5G Accessibility in Non Standalone and Standalone Mode", INTERNATIONAL JOURNAL OF COMMUNICATIONS DOI: 10.46300/9107.2020.14.7 Volume 14, 2020.
- [5] M.TAYYAB , X.GELABERT, R. JÄNTT, "A Survey on Handover Management: From LTE to NR", IEEE Access ,2019.
- [6] Saad, W.K.; Shayea, I.; Hamza, B.J.; Mohamad, H.; Daradkeh, Y.I.; Jabbar, W.A, "Handover Parameters Optimisation Techniques in 5G Networks", Sensors 2021, 21, 5202. <https://doi.org/10.3390/s21155202>.
- [7] Abdulraqueb, A., Mardeni, R., Yusoff, A. M., Ibraheem, S., & Saddam, A. (2019). "Self-optimization of Handover Control Parameters for Mobility Management in 4G/5G Heterogeneous Networks". Automatic Control and Computer Sciences, 53(5), 2019.

- [8] Muhammad Zeeshan Asghar, Metin Ozturk , Jyri Hamäläinen, "Reinforcement Learning Based Mobility Load Balancing with the Cell Individual Offset", 2021 IEEE 93rd Vehicular Technology Conference (VTC2021-Spring), 2021 .
- [9] M.HASAN , S.KWON, "Cluster-Based Load Balancing Algorithm for Ultra-Dense Heterogeneous Networks", IEEE Access, Volum 8, 2020.
- [10] Tuğçe Bilen , Berk Canberk , "Overcoming 5G ultra-density with game theory: Alpha-beta pruning aided conflict detection", Elsevier, Pervasive and Mobile Computing 63 (2020) 101133.
- [11] OMNeT++ Website. Available online: <http://omnetpp.org> .
- [12] INET Library Website. Available online: <http://inet.omnetpp.org> .
- [13] Simu5g Website. Available online: <http://simu5g.org> .
- [14] GIOVANNI NARDINI, DARIO SABELLA , GIOVANNI STEA , PURVI THAKKAR, ANTONIO VIRDIS , "Simu5G–An OMNeT++ Library for End-to-End Performance Evaluation of 5G Networks", IEEE access, vol8, 2020.