Deanship of Graduate Studies

AL-QUDS University

Intelligent Vertical Handover Model based on Neuro-Fuzzy for LTE and WiFi networks

(IVH-NF LTE/WiFi)

Niveen Omar Saleh Jaffal

MSc. Thesis

Jerusalem – Palestine

1443 – 2022

Intelligent Vertical Handover Model based on Neuro-Fuzzy for LTE and WiFi networks

(IVH-NF LTE/WiFi)

Prepared by:
Niveen Omar Saleh Jaffal

BSc. Computer Engineering, Al-Quds University, Palestine

Supervisor: Dr. Rushdi Hamamreh

A thesis submitted to Faculty of Engineering, Al-Quds University in Partial Fulfillment of the requirements for the degree of Master of Electronic and Computer Engineering.

1443 - 2022

AL-QUDS University

Deanship of Graduate Studies

Electronic and Computer Engineering

Thesis Approval

Intelligent Vertical Handover Model based on Neuro-Fuzzy for LTE and WiFi networks

(IVH-NF LTE/WiFi)

Prepared by: Niveen Omar Saleh Jaffal

Registration No.: 21910004

Supervisor: Dr. Rushdi Hamamreh

Master Thesis submitted and accepted. Date: 15 /05 /2022

The names and signatures of the examining committee members are as follows:

Head of Committee: Dr. Rushdi Hamamreh Signature:

Internal Examiner: Dr. Mohammad Kouali Signature:

External Examiner: Dr. Mohammad Abu Taha Signature:

Jerusalem – Palestine

1443 – 2022

Dedication

Dedication To the sake of Allah, my creator and my master, To My great teacher and messenger, Mohammad (May Allah bless and grant him), To My parents, for their support and motivation throughout my life and career.
I dedicate my work also to my children (Ali, Omar, Abd Alrahman and Hala) who are the pleasure of my life and to my brothers and sisters (Saleh, Samer, Nisreen and Shireen), who always encouraged me to continue my way to achieve this degree. The work is dedicated also to my friends, family, work and my lovely city Jerusalem-Palestine.

Thank you all.

Declaration

I certify that this thesis submitted for the degree of Master, is the result of my own research, except where otherwise acknowledged, and that this thesis has not been submitted for higher degree to any other university or institution.

Signed: 

Niveen Omar Saleh Jaffal

Date: 15/ 05 / 2022

Acknowledgements

I am grateful to have this opportunity to acknowledge all those who have supported me in my study leading to this thesis.

Firstly, all thanks to Allah, the only god, who gave me the time and health to finish this thesis.

Also, I would like to thank my lecturers at AL-QUDS university in engineering college mainly my supervisor for this project Dr. Rushdi Hamamreh for his guidance, insightful comments and support throughout the contribution of my research work.

Finally, I would like to deeply thank my mother, father, brothers, sisters and all of my friends for their support, helping and pursuing me during my study.

Abstract

The rapid growth of the internet and the evolution of user equipment (UE) with multiple network interfaces contributed to provide more quality of services and enable the users a choice of connectivity to multiple access networks with different characteristics and transferring from one network to another. LTE from cellular networks and WiFi from IEEE802.x family networks are differ in coverage area, latency, data rate, signal strength, cost and bandwidth and each of these networks designed to support a different set of UE and specific services, so the limitation of these complementary wireless networks can overcome by integration of these different technologies into NGWN [1].

To make UE enjoy seamless connectivity and access to services anywhere at any time between these two heterogeneous networks, a vertical handover process is needed for achieving that, which is the switching between points of attachment or base stations within different network technologies. With development of technologies nowadays, the research of vertical handover algorithms in various mobility scenario networks today is still a challenging area for future research. In this thesis, we proposed an intelligent algorithm called IVH_NF which is compatible with UE for a vertical handover decision with four inputs parameters (RSS, PC, MS and D) gathering from the surrounding network for the UE between two heterogeneous integrated networks, WiFi and LTE using ANFIS technique which is based on Takagi–Sugeno Fuzzy Inference System (FIS) that combines both neural networks and Fuzzy logic principles, it takes the benefits of both in a single framework, it's working principle starts from allowing neural network to learn for tuning the parameters of a FIS using a collection of the training dataset to generate fuzzy membership rules which are responsible for selecting optimal network with achieving the best Quality of Service (QoS) in terms of enhanced Throughput, reducing the number of unnecessary handover and End to End Delay (EED).

The simulation results include first validating the accuracy of the mathematical IVH_NF design by MATLAB simulator through standard error measurement tools with statistical criteria such as RMSE, MAE and R^2 where these simulation results reveal that the mathematical design is achieve high level in accuracy, then many vertical handover scenarios were implemented from LTE to WiFi networks and extensive simulation experiments were carried out using Apache NetBeans simulator which reads the tuned rules as txt file which are responsible for VHO decision making and then study the effect

of UE speed and application Bitrate on the performance metric that affect the Quality of Service, such as Throughput, EED and Handover counts for vertical handover scenarios. The results obtained from the scenarios confirm that IVH_NF achieves better results in terms of enhanced the Throughput with acceptable values for speed and bitrates and with comparing our model with some previous VHO algorithms, we conclude that, it achieves improvement percentage in term of minimized EED by 58% from RSS [2] and reduced Handover counts by 33.3% from ANFIS [3] and 60% from Fuzzy Logic [4].

النموذج الذكي المعتمد على الشبكة العصبونية والمنطق الضبابي في التسليم العمودي بين شبكات LTE و WiFi

اعداد : نيفين عمر صالح جفال

بإشراف : د. رشدي الحمامرة

الملخص

ساهم النمو السريع للإنترنت وتطور معدات المستخدم (UE) مع وجود الواجهات المتعددة للشبكات، في توفير المزيد من جودة الخدمات وتمكين المستخدمين من اختيار الاتصال بشبكات الوصول المتعددة، ذات الخصائص المختلفة، والانتقال من شبكة إلى أخرى. تختلف الشبكات ذات التطور طويل الأمد (LTE) من عائلة الشبكات الخلوية و الشبكة المحلية اللاسلكية (WiFi) من عائلة IEEE802.x في منطقة التغطية، ووقت الاستجابة، ومعدل البيانات، وقوة الإشارة، والتكلفة، وعرض النطاق الترددي، وكل واحدة من هذه الشبكات مصممة لدعم مجموعة مختلفة من UE وخدمات محددة، وبالتالي لِتغّلب على هذه الاختلافات في الشبكات اللاسلكية التكميلية من خلال دمج هذه التقنيات المختلفة في NGWN [1].

لجعل خدمة الاتصال متوفرة دائما ل UE بأفضل معايير الجودة بين هاتين الشبكتين غير المتجانستين، فإن عملية التسليم الرأسي ضرورية لتحقيق ذلك، وهو التبديل بين نقاط التعلق أو المحطات الأساسية ضمن تقنيات الشبكة. مع تطور التقنيات في الوقت الحاضر، لا يزال البحث عن خوارزميات التسليم العمودي في شبكات سيناريوهات التنقل المختلفة اليوم يمثل مجالًا صعبًا للبحث في المستقبل. في هذه الدراسة، اقترحنا خوارزمية ذكية تسمى IVH_NF متوافقة مع UE لقرار التسليم العمودي مع أربعة متغيرات إدخال (قوة الإشارة المستلمة RSS، معدل استهلاك الطاقة PC، سرعة التنقل MS و المسافة D) التي تجمع من الشبكة المحيطة لـ UE بين شبكتين غير متجانستين: WiFi و LTE باستخدام تقنية ANFIS التي تعتمد على Takagi – Sugeno FIS التي تجمع بين كل من الشبكات العصبية ومبادئ المنطق الضبابي، فهي تستفيد من كليهما في إطار واحد، ويبدأ مبدأ العمل من السماح للشبكة العصبية بالتعلم من أجل ضبط متغيرات نظام الاستدلال الضبابي (FIS) باستخدام مجموعة البيانات التدريب Data Set لإنشاء قواعد عضوية غامضة Membership Function Rules تكون مسؤولة عن اختيار الشبكة المثلى مع تحقيق أفضل جودة خدمة من حيث الإنتاجية المحسنة، وتقليل عدد عمليات التسليم غير الضرورية والتأخير النهائي.

تتضمن نتائج المحاكاة التحقق أولاً من دقة التصميم الرياضي IVH_NF باستخدام محاكي MATLAB من خلال أدوات قياس الخطأ القياسية مع معايير إحصائية مثل RMSE و MAE و R^2 حيث كشفت نتائج المحاكاة أن التصميم الرياضي يحقق مستوى عالٍ من الدقة، بعد ذلك تم العديد من تنفيذ سيناريوهات في عملية التسليم الرأسية من LTE إلى شبكات WiFi وتم إجراء تجارب محاكاة مكثفة باستخدام محاكي Apache NetBeans الذي يقرأ قواعد القرار لتسليم العمودي كملف txt من MATAB لدراسة تأثير سرعة UE ومعدل البت Bit Rate للتطبيق على مقياس الأداء الذي يؤثر على جودة الخدمة، مثل الإنتاجية و زمن التأخير EED وعدد عمليات التسليم لسيناريوهات التسليم العمودي. تؤكد النتائج التي تم الحصول عليها من السيناريوهات أن القيم مقبولة ومع مقارنة النموذج المقترح مع بعض الخوارزميات ذات الصلة، نستنتج أن النموذج المقترح يحقق نتائج أفضل من حيث تحسين الإنتاجية، تقليل EED بنسبة 58٪ من [2] RSS وخفضت عدد عمليات التسليم بنسبة 33.3٪ من [3] ANFIS و 60% من [4] FL.

Table of Contents

Table of Figures

List of Tables

List of Equations