



การตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์แบบแนวตั้งโดยขึ้นอยู่กับโครงข่ายประสาทเทียม
แบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้

VERTICAL HANDOVER DECISION BASED ON LEARNING VECTOR
QUANTIZATION NEURAL NETWORKS

นางสาวเสาวนีย์ บัญส่ง
นางสาวณัฐธิกาณต์ อุ้นทรัพย์
นางสาวโยทกา ชูทอง

โครงการวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2559

การตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์แบบแนวตั้งโดยขึ้นอยู่กับโครงข่ายประสาทเทียม
แบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้

VERTICAL HANDOVER DECISION BASED ON LEARNING VECTOR
QUANTIZATION NEURAL NETWORKS

นางสาวเสาวนีย์ บุญส่ง

นางสาวณัฐกานต์ อุ่นทรัพย์

นางสาวโยทกา ชูทอง

โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

โครงการวิศวกรรม

เรื่อง

การตัดสินใจเสนอโอเวอร์แบบแนวตั้งโดยขึ้นอยู่กับโครงข่ายประสาทเทียม

แบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้

ของ

นางสาวเสาวนีย์ บุญส่ง

นางสาวณัฐธิกานต์ อุ่นทรัพย์

นางสาวโยทกา ชูทอง

ได้รับอนุมัติจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.เวศิน ปิยรัตน์)

คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรม

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นำคุณ ศรีสนิท)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.พิชญา ชัยปัญญา)

.....กรรมการ

(อาจารย์สุนิศา คุณารักษ์)

การตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์แบบแนวตั้งโดยขึ้นอยู่กับโครงข่ายประสาทเทียมแบบ
การแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้
ปีการศึกษา 2559

โดย

นางสาวเสาวนีย์ บุญส่ง
นางสาวณัฐกานต์ อุ๋นทรัพย์
นางสาวโยทกา ชูทอง

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สุนิศา คุณารักษ์

บทคัดย่อ

โครงงานวิศวกรรมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์การใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้สำหรับกระบวนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์แนวตั้งในเครือข่ายไร้สายที่หลากหลาย ซึ่งนำไปสู่การสื่อสารในยุคที่ 5 โครงงานวิศวกรรมนี้นำเครือข่ายดับเบิลยูซีดีเอ็มเอ เครือข่ายแอลทีอี และเครือข่ายไวเลสแลนด์มาใช้งานร่วมกันสำหรับเครือข่ายไร้สายที่หลากหลาย โดยทำการพิจารณาความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับ ความเร็วของผู้ใช้ อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล และปริมาณกราฟฟิกในการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์ เพื่อการประเมินผลวิธีที่นำเสนอในโครงงานนี้จะทำการจำลองประสิทธิภาพในรูปจำนวนของการแฮนด์โอเวอร์ จำนวนของการเรียกติดขัด และจำนวนของการเรียกขาดหายซึ่งอยู่บนโปรแกรมแมทแลป จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์แนวตั้งที่นำเสนอมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีอื่น ๆ ได้แก่ วิธีที่ใช้ค่าแบ่ง และวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบเรเดียลเบสซิสฟังก์ชันตามลำดับ

คำสำคัญ: เครือข่ายไร้สายที่หลากหลาย การแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ แมทแลป
โครงข่ายประสาทเทียม แฮนด์โอเวอร์แนวตั้ง

VERTICAL HANDOVER DECISION BASED ON LEARNING VECTOR
QUANTIZATION NEURAL NETWORKS
Academic Year 2016

By

Ms. Saowanee Boonsong

Ms. Nuttikan Unsub

Ms. Yotaka Choothong

Advisor

Ms. Sunisa Kunarak

Abstract

This engineering project is aimed to apply the Learning Vector Quantization Neural Network (LVQNN) for the vertical handover decision making process in the heterogeneous wireless networks that are introduced to the fifth generation (5G) communication. In this engineering project, the Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA), Long Term Evolutions (LTE) and Wireless Local Area Network (WLAN) are cooperated for the heterogeneous wireless networks that are considered the received signal strength, mobile speed, data rate and traffic load parameters in the handover decision. To evaluate the proposed algorithm, we simulate the performance as the number of handover, the number of dropping call and the number of blocking call based on the MATLAB program. The simulation results indicate the proposed vertical handover decision algorithm which outperforms the other approaches as Threshold and Radial Basis Function Neural Networks, respectively.

Keyword: Heterogeneous Wireless Network, Learning Vector Quantization, MATLAB, Neural Network, Vertical Handover

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิศวกรรมนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณหลายท่าน คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณ อาจารย์สุนิศา คุณารักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขความเรียบร้อย ตลอดจนการชี้แนะในการหาคำตอบในปัญหาต่าง ๆ ระหว่างจัดทำโครงการนี้ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่ท่านได้ให้ความรู้ ความร่วมมือในการให้ข้อมูล ความช่วยเหลือ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ให้กับคณะผู้จัดทำโครงการ ทางคณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ท้ายที่สุดนี้ ทางคณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณทุกคนในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงการวิศวกรรมนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจนำไปศึกษาไม่มากก็น้อยต่อไป ความดีและประโยชน์ใด ๆ จากโครงการวิศวกรรมนี้ ขอมอบให้กับผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวมาทั้งหมด

คณะผู้จัดทำโครงการ

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | ง |
| สารบัญตาราง | ช |
| สารบัญรูป | ซ |
| รายการสัญลักษณ์ | ฅ |
| ประมวลคำย่อ | ญ |
| | |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงการ | 2 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| | |
| บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 4 |
| 2.1 ทฤษฎี | 4 |
| 2.1.1 สถาปัตยกรรมเครือข่ายของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 5 (5G) | 4 |
| 2.1.2 หลักการของโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks) | 13 |
| 2.1.3 มาตรฐาน IEEE 802.11 | 15 |
| 2.1.4 การย้ายข้ามเซลล์ (Handover) | 17 |
| 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 21 |

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน | 23 |
| 3.1 การออกแบบเครือข่ายไร้สายในอนาคต | 23 |
| 3.2 การหาค่าอินพุต | 23 |
| 3.2.1 ความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับ (Received Signal Strength: RSS) ในแต่ละระบบของเครือข่ายไร้สายในอนาคต | 23 |
| 3.2.2 ความเร็วของผู้ใช้ (Mobile Speed) ในแต่ละระบบของเครือข่ายไร้สายในอนาคต | 26 |
| 3.2.3 อัตราการรับส่งข้อมูล (Data Rate) ในแต่ละระบบของเครือข่ายไร้สายในอนาคต | 27 |
| 3.2.4 ปริมาณผู้ใช้ที่ใช้บริการ (Traffic Load) ในแต่ละระบบของเครือข่ายไร้สายในอนาคต | 27 |
| 3.3 การแบ่งช่วงของอินพุต | 27 |
| 3.3.1 การแบ่งช่วงความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับ (Received Signal Strength: RSS) ของผู้ใช้ทั้ง 3 เครือข่าย | 27 |
| 3.3.2 การแบ่งช่วงความเร็ว (Mobile Speed) ของผู้ใช้ทั้ง 3 เครือข่าย | 28 |
| 3.3.3 การแบ่งช่วงอัตราการรับส่งข้อมูล (Data Rate) ของผู้ใช้ทั้ง 3 เครือข่าย | 28 |
| 3.3.4 การแบ่งช่วงอัตราปริมาณผู้ใช้ที่ใช้บริการ (Traffic Load) ของผู้ใช้ทั้ง 3 เครือข่าย | 28 |
| 3.4 การออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม | 29 |
| 3.4.1 ออกแบบค่าอินพุต และค่าเป้าหมายของโครงข่าย | 29 |
| 3.4.2 การกำหนดฟังก์ชัน และค่าการทำงานต่าง ๆ ของโครงข่ายประสาทเทียม | 37 |
| 3.4.3 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ | 37 |
| 3.4.4 ตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม | 38 |
| 3.5 กระบวนการตัดสินใจเพื่อทำการแฮนด์โอเวอร์แบบแนวตั้งโดยขึ้นอยู่กับโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ | 38 |

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน | 40 |
| 4.1 การกระจายตัวตำแหน่งของผู้ใช้ | 40 |
| 4.2 จำนวนการแฮนด์โอเวอร์ จำนวนการเรียกขาดหาย และจำนวนการเรียกติดขัด | 45 |
| 4.2.1 จำนวนการแฮนด์โอเวอร์ | 45 |
| 4.2.2 จำนวนการเรียกขาดหาย | 46 |
| 4.2.3 จำนวนการเรียกติดขัด | 47 |
| บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ | 50 |
| 5.1 สรุปผล | 50 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 51 |
| เอกสารอ้างอิง | 52 |
| ประวัติย่อผู้ทำโครงการ | 53 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| 2.1 เปรียบเทียบระหว่างระบบ 3G, 4G และ 5G | 10 |
| 2.2 คุณลักษณะของเครือข่ายไร้สาย | 12 |
| 2.3 การเปรียบเทียบมาตรฐาน IEEE 802.11 ระหว่าง 802.11g, 802.11n และ 802.11ac | 16 |
| 3.1 แสดงค่าในแต่ละช่วงความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับของทั้ง 3 เครือข่าย | 27 |
| 3.2 แสดงค่าในแต่ละช่วงความเร็วของผู้ใช้ทั้ง 3 เครือข่าย | 28 |
| 3.3 แสดงค่าในแต่ละช่วงอัตราการรับส่งข้อมูลของผู้ใช้ทั้ง 3 เครือข่าย | 28 |
| 3.4 แสดงค่าในแต่ละช่วงของปริมาณผู้ใช้ที่ใช้บริการทั้ง 3 เครือข่าย | 28 |
| 3.5 แสดงรูปแบบของอินพุต และค่าเป้าหมายสำหรับเครือข่าย WiFi | 31 |
| 3.6 แสดงรูปแบบของอินพุต และค่าเป้าหมายสำหรับเครือข่าย LTE | 32 |
| 3.7 แสดงรูปแบบของอินพุต และค่าเป้าหมายสำหรับเครือข่าย WCDMA | 33 |
| 3.8 แสดงรูปแบบของเงื่อนไขอินพุต และค่าเป้าหมายสำหรับเครือข่าย WiFi | 34 |
| 3.9 แสดงรูปแบบของเงื่อนไขอินพุต และค่าเป้าหมายสำหรับเครือข่าย LTE | 35 |
| 3.10 แสดงรูปแบบของเงื่อนไขอินพุต และค่าเป้าหมายสำหรับเครือข่าย WCDMA | 36 |
| 4.1 แสดงค่าประสิทธิภาพของวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ | 48 |

สารบัญรูป

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 1.1 กระบวนการแฮนด์โอเวอร์ในแนวนอนและแนวตั้ง | 2 |
| 2.1 แสดงวิวัฒนาการตั้งแต่ยุคที่ 1 - ยุคที่ 4 | 7 |
| 2.2 ความสามารถในการใช้งานของเครือข่ายไร้สายในยุคที่ 5 | 11 |
| 2.3 โครงสร้างพื้นฐานของโครงข่ายประสาทเทียม | 13 |
| 2.4 กระบวนการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ | 14 |
| 2.5 กระบวนการแฮนด์โอเวอร์ในชั้นที่ 2 | 18 |
| 2.6 กระบวนการแฮนด์โอเวอร์ในชั้นที่ 3 | 19 |
| 2.7 กระบวนการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 | 20 |
| 3.1 กระบวนการทำงานของโครงงานทั้งหมด | 23 |
| 3.2 แสดงโครงสร้างโครงข่ายไร้สายในอนาคต | 24 |
| 3.3 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมของเครือข่าย WiFi | 37 |
| 3.4 ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยกับจำนวนรอบของฝึกสอนสำหรับ เครือข่าย WiFi | 38 |
| 3.5 ลำดับขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์แบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ | 39 |
| 4.1 การกระจายตัวตำแหน่งของผู้ใช้จำนวน 100 คน | 42 |
| 4.2 การกระจายตัวตำแหน่งของผู้ใช้จำนวน 300 คน | 42 |
| 4.3 การกระจายตัวตำแหน่งของผู้ใช้จำนวน 500 คน | 43 |
| 4.4 การกระจายตัวตำแหน่งของผู้ใช้จำนวน 1,000 คน | 43 |
| 4.5 การกระจายตัวตำแหน่งของผู้ใช้จำนวน 1,500 คน | 44 |
| 4.6 การกระจายตัวตำแหน่งของผู้ใช้จำนวน 2,000 คน | 44 |
| 4.7 จำนวนการแฮนด์โอเวอร์ของวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับ เวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้เปรียบเทียบกับวิธีเรเดียลเบซิสฟังก์ชันและวิธีที่ใช้ค่าแบ่ง | 46 |
| 4.8 จำนวนการเรียกขาดหายของวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับ เวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้เปรียบเทียบกับวิธีเรเดียลเบซิสฟังก์ชันและวิธีที่ใช้ค่าแบ่ง | 47 |
| 4.9 จำนวนการเรียกติดขัดวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับ เวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้เปรียบเทียบกับวิธีเรเดียลเบซิสฟังก์ชันและวิธีที่ใช้ค่าแบ่ง | 48 |

รายการสัญลักษณ์

| สัญลักษณ์ | คำอธิบาย | หน่วย |
|------------|---|-------------------|
| \hat{R} | การสุ่มตัวอย่างของสัญญาณ | ตัวอย่างต่อวินาที |
| Λ | เมตริกซ์ทแยงมุม | - |
| $W(k)$ | ค่าถ่วงน้ำหนักเดิมของชั้นเอาต์พุตก่อนปรับค่า | - |
| $W(k+1)$ | ค่าถ่วงน้ำหนักใหม่ของชั้นเอาต์พุตหลังปรับค่า | - |
| Q | จำนวนรูปแบบทั้งหมดที่เป็นไปได้ | - |
| k | รอบการเรียนรู้ที่ 1 ถึง n | - |
| $e(k)$ | ค่าความผิดพลาดที่เกิดจากการเรียนรู้ ในรอบที่ k | - |
| $a(k)$ | ค่าเอาต์พุตที่ได้จากโครงข่าย | - |
| α | ค่าอัตราการเรียนรู้ | - |
| p | ค่าอินพุตที่เกิดจากชั้นของการแข่งขัน | - |
| $T(k)$ | ค่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ล่วงหน้า | - |
| $b(k)$ | ค่าไบแอสเดิมของชั้นเอาต์พุตก่อนปรับค่า | - |
| $b(k+1)$ | ค่าไบแอสใหม่ของชั้นเอาต์พุตหลังปรับค่า | - |
| y | ค่าลดทอนการสูญเสีย | - |
| d | ค่าระยะทาง | เมตร |
| S | ค่าลดทอนกำลังของสัญญาณ | เดซิเบล |
| n | ค่าตัวคูณในการลดทอนสัญญาณที่เกิดจากสิ่งปลูกสร้าง หรือตึกอาคารสถานที่ | - |
| X_y | ค่าสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน | เดซิเบล |
| X_σ | การแจกแจงแบบเกาส์เซียน (Gaussian) | เดซิเบล |
| P_t | ค่ากำลังส่งสัญญาณของสถานีฐาน | วัตต์ |

ประมวลคำย่อ

| คำย่อ | คำอธิบาย |
|-------|---|
| BPNN | โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ |
| CDMA | เป็นการสื่อสารกันด้วยสัญญาณที่เข้ารหัสไว้แล้ว ซึ่งจะมีเพียงเครื่องส่งและเครื่องรับเท่านั้นที่จะสามารถถอดรหัสสัญญาณดังกล่าวได้ |
| DSSS | เทคนิคการส่งสัญญาณที่ใช้คลื่นพาหะโดยต้องระบุความถี่ที่ใช้ |
| EDGE | เทคโนโลยีในการรับ-ส่งข้อมูลด้วยเครือข่ายไร้สาย โดยมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่มีความเร็ว 236 Kbps |
| FDMA | การรวมสัญญาณหลาย ๆ สัญญาณเพื่อส่งเข้าไปในช่องสัญญาณเดียวกันพร้อมกัน โดยแยกกันด้วยความถี่ |
| FHSS | การส่งสัญญาณโดยจะใช้ความถี่แคบพาหะเพียงความถี่เดียว |
| GPRS | เป็นบริการที่รองรับการรับส่งข้อมูลข่าวสารบนเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ |
| GSM | เป็นมาตรฐานของเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือ |
| IEEE | มาตรฐานการทำงานของระบบเครือข่ายไร้สาย |
| ISM | คลื่นความถี่สาธารณะสำหรับอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์ และการแพทย์ |
| ITU | มาตรฐานสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติ |
| LTE | เครือข่ายไร้สายความเร็วสูง |
| LVQNN | โครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ |
| MMS | บริการส่งข้อความมัลติมีเดีย |
| MSE | ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย |
| RBFNN | โครงข่ายประสาทเทียมแบบเรเดียลเบสิสฟังก์ชัน |
| RSS | ความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับ |
| SMS | บริการส่งข้อความสั้น ๆ |
| SOM | การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมแบบการเรียนรู้ด้วยตัวเองโดยไม่ต้องผ่านการฝึกฝน |
| TCP | ชุดของโปรโตคอลที่ถูกใช้ในการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต |
| TDMA | การรวมสัญญาณหลาย ๆ สัญญาณเพื่อส่งเข้าไปในช่องสัญญาณเดียวกันโดยแยกกันคนละเวลา |
| UMTS | เป็นเครือข่ายในยุค 3G ที่มีพัฒนาการมาจากเครือข่าย GSM, GPRS และ EDGE |

ประมวลคำย่อ(ต่อ)

| คำย่อ | คำอธิบาย |
|-------|---|
| WCDMA | ระบบเครือข่ายมาตรฐานใหม่ที่พัฒนามาจาก GSM |
| Wi-Fi | อุปกรณ์ต่างๆที่สามารถใช้ได้กับมาตรฐานเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบไร้สาย (WLAN) ซึ่งอยู่บนมาตรฐาน IEEE 802.11 |
| WiMAX | เทคโนโลยีบนบรอดแบนด์แบบไร้สาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.16 |
| WLAN | ระบบการสื่อสารและส่งผ่านข้อมูลแบบไม่มีสายนำสัญญาณ โดยการส่งสัญญาณ และข้อมูลเพื่อการแลกเปลี่ยนกันนั้นจะทำการส่งคลื่นวิทยุ RF และคลื่นอินฟราเรดผ่านอากาศไปยังเครื่องรับสัญญาณโดยตรง |

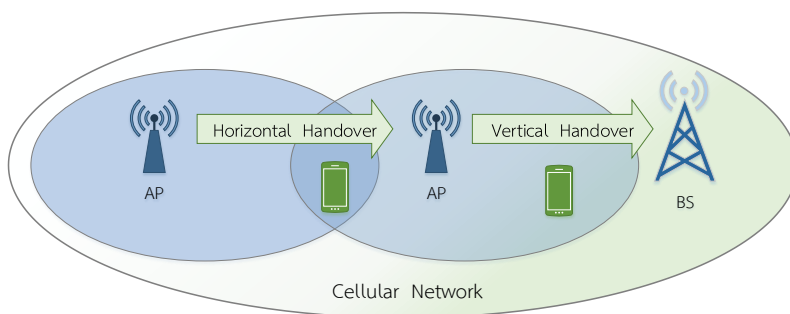
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วจนมาถึงยุคที่ 5 ซึ่งการสื่อสารในยุคนี้จะเน้นความเร็วที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลเป็นหลัก ดังนั้นจึงเป็นจุดที่น่าสนใจของผู้ใช้ในการขอใช้บริการเป็นอย่างมาก ทำให้ต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายเพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้ใช้ แต่เนื่องจากขีดจำกัดในเรื่องของการให้บริการซึ่งเกิดจากการใช้ช่องสัญญาณที่มีอยู่อย่างจำกัดนั้นเป็นเรื่องสำคัญที่อาจทำให้เกิดการเรียกขาดหาย (Dropped Call) หรือการเรียกติดขัด (Blocked Call) ได้ และด้วยเหตุนี้กระบวนการเปลี่ยนช่องสัญญาณในการติดต่อสื่อสารจากช่องสัญญาณที่ใช้งานในเซลล์ปัจจุบันไปยังช่องสัญญาณของเซลล์ข้างเคียงภายในเครือข่ายไร้สายเคลื่อนที่ (Mobile Wireless Networks) จึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก เพราะจะทำให้การบริการแก่ผู้ใช้งานมีความต่อเนื่องและมีคุณภาพเป็นที่น่าพึงพอใจ กล่าวคือในขณะที่ผู้ใช้มีการเคลื่อนที่ออกจากสถานีฐานที่กำลังใช้งานอยู่นั้น ความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับก็จะลดลงไปเรื่อย ๆ แต่ในขณะเดียวกันความแรงที่ผู้ใช้ได้รับจากสถานีฐานข้างเคียงก็จะมีกำลังที่สูงขึ้น ดังนั้นระบบจึงต้องมีการส่งต่อบริการสื่อสารให้ทันเวลาก่อนที่สัญญาณจะหลุดไป ซึ่งกระบวนการที่กล่าวถึงนี้เรียกว่า กระบวนการแฮนด์โอเวอร์ (Handover) โดยถ้าเป็นการเปลี่ยนช่องสัญญาณในกรณีที่เซลล์ที่ให้บริการอยู่ และเซลล์ที่จะเปลี่ยนช่องสัญญาณไปเป็นเครือข่ายชนิดเดียวกัน เรียกว่า การส่งต่อบริการสื่อสารในแนวนอน (Horizontal Handover) แต่ถ้าเป็นเครือข่ายต่างชนิดกัน เรียกว่า การส่งต่อบริการสื่อสารในแนวตั้ง (Vertical Handover) ซึ่งกระบวนการหลังนี้ถือว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการสื่อสารในอนาคตเป็นอย่างยิ่ง โดยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.1 ดังนั้นจึงมีนักวิจัยจำนวนมากที่ทำการนำเสนอวิธีการ และเกณฑ์การตัดสินใจในการแฮนด์โอเวอร์แนวตั้งอยู่ด้วยกันหลายวิธี ซึ่งวิธีการโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ถือว่าเป็นวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงในลำดับต่อไป

ดังนั้นในโครงการนี้จึงถูกนำเสนอขึ้นเพื่อนำปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการแฮนด์โอเวอร์มาผ่านกระบวนการที่นำเสนอ เพื่อลดจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ การเรียกติดขัด และการเรียกขาดหายเนื่องจากการลดทอนของสัญญาณที่ได้รับตามลำดับ



รูปที่ 1.1 กระบวนการแฮนด์โอเวอร์ในแนวนอนและแนวตั้ง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการตัดสินใจในการแฮนด์โอเวอร์แนวตั้งสำหรับระบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้ทำการออกแบบ ได้แก่ ความเร็วของผู้ใช้บริการ (Mobile Speed) ความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับ (Received Signal Strength: RSS) อัตราข้อมูล (Data Rate) และปริมาณผู้ใช้ที่ให้บริการ (Traffic Load) ของระบบไร้สายในอนาคต ซึ่งประกอบไปด้วยเครือข่ายไร้สาย 3 ชนิด คือ ดับเบิลยูซีดีเอ็มเอ (Wideband Code Division Multiple Access: WCDMA), แอลทีอี (Long Term Evolutions: LTE) และ ไวเลสแลนด (IEEE 802.11ac) ที่มีการทำงานร่วมกัน

1.2.2 เพื่อนำเอาหลักการของโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ (Learning Vector Quantization Neural Network: LVQNN) มาประยุกต์ใช้ เพื่อช่วยในการตัดสินใจที่จะแฮนด์โอเวอร์ของโทรศัพท์เคลื่อนที่

1.2.3 เพื่อช่วยทำให้การติดต่อสื่อสารมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยลดจำนวนการเรียกขาดหาย และการเรียกติดขัดลง

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ทำการศึกษาและออกแบบโครงข่ายไร้สายซึ่งประกอบไปด้วยเครือข่าย 3 ชนิด ได้แก่ ดับเบิลยูซีดีเอ็มเอ (Wideband Code Division Multiple Access: WCDMA), แอลทีอี (Long Term Evolutions: LTE) และ ไวเลสแลนด (IEEE 802.11ac) โดยให้เครือข่ายทั้งสามชนิดสามารถเชื่อมโยงการทำงานร่วมกันได้

1.3.2 ทำการศึกษาและออกแบบกระบวนการที่จะนำมาใช้สำหรับการตัดสินใจในการแฮนด์โอเวอร์

1.3.3 ทำการพิจารณาความเร็วของผู้ใช้ (Mobile Speed) ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นของกระบวนการที่นำเสนอ และนำค่าความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับ (Received Signal Strength: RSS)

อัตราการส่งข้อมูล (Data Rate) และปริมาณผู้ใช้ที่ใช้บริการ (Traffic Load) ของเครือข่ายไร้สายทั้งสามชนิด มาเป็นอินพุตของกระบวนการโครงข่ายประสาทเทียม

1.3.4 ทำการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม โดยจะนำค่าอินพุตมาพิจารณาฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมให้เกิดการรู้จัก และการตัดสินใจที่จะเปลี่ยนช่องสัญญาณ (Handover)

1.3.5 ทำการวัดประสิทธิภาพของวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ (LVQNN) เทียบกับวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบเรเดียลเบสฟังก์ชัน (RBFNN) และวิธีที่ใช้ค่าแบ่ง (Threshold) ซึ่งเป็นวิธีการตัดสินใจในการเปลี่ยนช่องสัญญาณที่เคยมีการนำเสนอมาแล้ว โดยการวัดประสิทธิภาพนี้จะแสดงในรูปของจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ (Number of Handover) จำนวนการเรียกขาดหาย (Dropped Call) และจำนวนการเรียกติดขัด (Blocked Call) ตามลำดับ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้ระบบการติดต่อสื่อสารไร้สายสามารถเชื่อมโยงการทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพเปรียบเสมือนการทำงานของโครงข่ายที่เป็นหนึ่งเดียวซึ่งเหมาะสมกับการสื่อสารในอนาคต

1.4.2 ทำให้ผู้ใช้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้อย่างต่อเนื่องแบบไร้รอยต่อระหว่างเครือข่ายที่แตกต่างกัน เนื่องจากการออกแบบอัลกอริทึมที่ใช้ในการตัดสินใจที่จะเปลี่ยนช่องสัญญาณนั้นมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีแบบดั้งเดิม

1.4.3 ทำให้จำนวนสายที่จะเกิดการแฮนด์โอเวอร์ (Number of Handover) จำนวนสายที่จะเกิดการเรียกขาดหาย (Dropped Call) และจำนวนสายที่จะเกิดการเรียกติดขัด (Blocked Call) นั้นมีจำนวนลดน้อยลง ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรในแต่ละเครือข่ายมีแนวโน้มที่ลดน้อยลงตามไปด้วย

1.4.4 ทำให้ผู้ใช้สามารถลดระยะเวลาในการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายไร้สายที่แตกต่างกัน

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 สถาปัตยกรรมเครือข่ายของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 5 (5G)

ตัวอักษร G ย่อมาจากคำว่า เจเนอเรชัน (Generation) ที่แปลว่า ยุค สมัย รุ่น เมื่อเอาไปใช้ร่วมกับ ตัวเลขจะถูกเรียกว่า 1G (First Generation), 2G (Second Generation), 3G (Third Generation) เป็นต้น ซึ่งเป็นชื่อเรียกในแต่ละยุคของเทคโนโลยีการสื่อสารทางไกลผ่านโทรศัพท์มือถือ (Mobile Telecommunications Technology) วิทยาการสื่อสารไร้สายในแต่ละยุคสามารถสรุปได้ดังนี้

การสื่อสารในยุคที่ 1 (First Generation: 1G) เป็นยุคที่ใช้ระบบแอนะล็อกคือ ใช้สัญญาณวิทยุในการส่งคลื่นเสียงมีความสามารถหลักในการใช้งานทางด้านเสียง (Voice) และรองรับการโทรเข้าออกได้เพียงอย่างเดียวเท่านั้นยังไม่รองรับการส่งหรือรับข้อมูล (Data) ใด ๆ แม้แต่จะส่งบริการข้อความสั้น ๆ (Short Message Service: SMS) ก็ยังไม่สามารถทำได้ ซึ่งในยุคนั้นผู้คนก็ยังไม่มีความจำเป็นในการใช้งานอื่น ๆ นอกจากการโทรเข้าออกอยู่แล้ว และกลุ่มคนส่วนใหญ่ที่สามารถใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ในเวลานั้นก็เป็นผู้มีฐานะหรือนักธุรกิจที่ใช้ติดต่อกิจการ เนื่องจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ในเวลานั้นมีราคาสูงมากสำหรับยุคนี้จะใช้เทคโนโลยีการส่งสัญญาณแบบเอฟดีเอ็มเอ (Frequency Division Multiple Access: FDMA) หลักในการทำงานคือ การแบ่งช่องความถี่ออกเป็นความถี่ย่อยหลาย ๆ ช่อง บนความถี่ที่ 824-894 เมกะเฮิร์ตซ์ แล้วใช้สัญญาณวิทยุในการส่งคลื่นเสียงไปยังสถานีรับส่งสัญญาณโดยหนึ่งคลื่นความถี่จะเท่ากับหนึ่งช่องสัญญาณ ผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในเวลานั้นจะสามารถใช้บริการโทรศัพท์ได้เฉพาะในช่องความถี่ที่ว่างอยู่ และหลังจากที่มีผู้ใช้งานมากขึ้นระบบก็ไม่สามารถรองรับสัญญาณได้ ทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนช่องสัญญาณ เรื่องการขยายจำนวนเลขหมาย และการขยายแถบความถี่ นอกจากนี้โทรศัพท์ในระบบเซลลูลาร์ยังมีขนาดใหญ่ใช้กำลังงานไฟฟ้ามากในภายหลัง จึงมีการเปลี่ยนแปลงเป็นการสื่อสารในยุคต่อไป

การสื่อสารในยุคที่ 2 (Second Generation: 2G) พอมาถึงในยุคที่ 2 จะเริ่มมีการพัฒนารูปแบบการส่งคลื่นเสียงแบบแอนะล็อกมาเป็นดิจิทัล (Digital) เป็นการเข้ารหัส โดยส่งคลื่นเสียงทางคลื่นไมโครเวฟ การเข้ารหัสแบบดิจิทัลนี้จะช่วยในเรื่องของความปลอดภัยในการใช้งานมากยิ่งขึ้น และช่วยในเรื่องของสัญญาณเสียงที่ใช้ติดต่อสื่อสารให้มีความคมชัดมากขึ้นด้วย โดยมีเทคโนโลยีการเข้าถึงช่องสัญญาณของผู้ใช้เป็นลักษณะเชิงผสมระหว่างเอฟดีเอ็มเอ (FDMA) และทีดีเอ็มเอ (Time Division Multiple Access: TDMA) เป็นการเพิ่มช่องทางการสื่อสารทำให้รองรับปริมาณผู้ใช้งานที่มีมากขึ้นได้ จนมีการกำหนดเส้นทางการเชื่อมต่อกับสถานีฐานกล่าวคือ การติดต่อจากสถานีลูกกับสถานีฐานใช้วิธีการสอง

แบบคือ การแบ่งช่องเวลาออกเป็นช่องเล็ก ๆ แบ่งกันใช้ทำให้ช่องสัญญาณมีความถี่เพิ่มขึ้นจากเดิม ทำให้เกิดเป็นระบบจีเอสเอ็ม (Global System for Mobilization: GSM) ซึ่งโทรศัพท์เครื่องเดียวสามารถใช้ได้ทั่วโลกที่เรียกว่า การโรมมิ่ง (Roaming) เราจะเห็นว่าการสื่อสารในยุคที่ 2 นี้ เกิดการเปลี่ยนแปลงในวงการโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบชัดเจน ผู้คนหันมาใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่กันมากขึ้นเนื่องจากเกิดการพัฒนาโทรศัพท์กันอย่างกว้างขวางทำให้มีการแข่งขันในวงการโทรศัพท์เคลื่อนที่สูงขึ้น และทำให้ราคาเครื่องถูกลงนั่นเอง ในยุคนี้ถือว่าเป็นยุคที่เฟื่องฟูของวงการโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นอย่างมากโดยเฉพาะในช่วงตอนปลาย

การสื่อสารในยุคที่ 2.5 (Second and Half Generation: 2.5G) ในยุคนี้ได้ถือกำเนิดเทคโนโลยีที่เรียกว่า จีพีอาร์เอส (General Packet Radio Service: GPRS) ซึ่งพัฒนาในเรื่องของการรับส่งข้อมูลที่มากขึ้นด้วยความเร็วสูงสุดถึง 115 กิโลบิตต่อวินาที (แต่ถูกจำกัดการใช้งานจริงอยู่ที่ 40 กิโลบิตต่อวินาที) จะเห็นได้ชัดถึงการเปลี่ยนแปลงในยุคนี้ก็คือ โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้เพิ่มฟังก์ชันการรับส่งข้อมูลในส่วนของบริการข้อความมัลติมีเดีย (Multimedia Messaging Service: MMS) หน้าจอโทรศัพท์เริ่มเข้าสู่ยุคหน้าจอสี และเสียงเรียกเข้าก็ถูกพัฒนาให้เป็นเสียงแบบประสานเสียง (Polyphonic) จากของเดิมที่เป็นเพียงทำนองเสียงระดับเดียว (Monotone) รวมไปถึงเสียงเรียกเข้าที่ใช้เสียงจริงในรูปแบบดิจิตอล (True Tone) ต่าง ๆ ด้วย

การสื่อสารในยุคที่ 2.75 เอดจ์ (2.75 Enhanced Data Rates for Global Evolution: 2.75EDGE) ยุคนี้เป็นยุคของช่วงที่เริ่มมีการใช้เทคโนโลยีระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มชนิดวิวัฒนาการเพิ่มอัตราการส่งข้อมูล (Enhanced Data rates for Global Evolution: EDGE) ลักษณะการทำงานจะเป็นการพัฒนาปรับปรุงคุณภาพความเร็วจากพื้นฐานของจีพีอาร์เอส (GPRS) ให้มีความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลได้สูงขึ้น ทำให้เกิดการแข่งกันทางการตลาดของวงการโทรศัพท์มือถือมากขึ้นทั้งในเรื่องของการดาวน์โหลดเสียงรอสาย รับส่งภาพผ่านบริการข้อความมัลติมีเดีย (MMS) และดาวน์โหลดภาพต่าง ๆ ได้รับการตอบรับที่ดีจากผู้ใช้งาน แต่ว่ายุคที่ 2.75 ของเอดจ์ (EDGE) นั้นไม่ได้ถูกกำหนดขึ้นอย่างเป็นทางการเพียงแค่ออกมาเปรียบเทียบกับช่วงคาบเกี่ยวระหว่างยุคที่ 2.5 และ ยุคที่ 3 เพื่อให้เห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

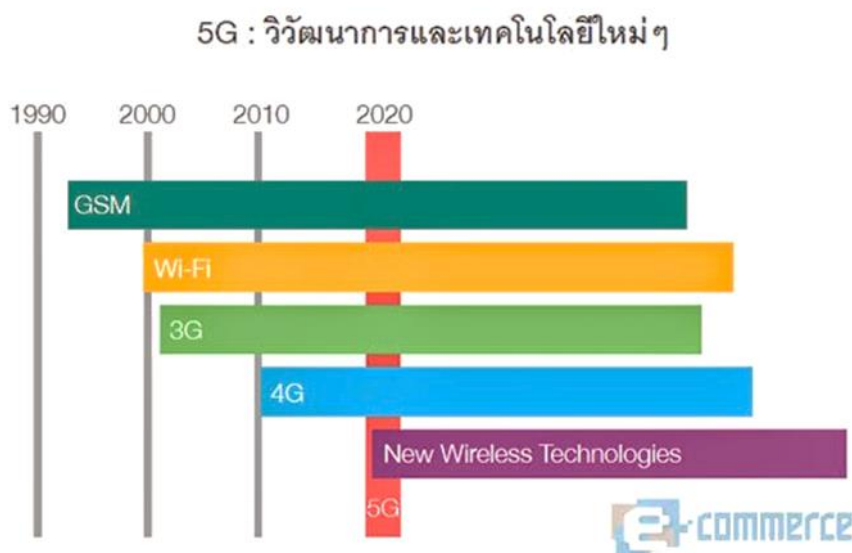
การสื่อสารในยุคที่ 3 (Third Generation: 3G) ในยุคที่ 3 นี้จะเน้นการสื่อสารทั้งการพูดคุยแบบเสียงตามปกติ (Voice) และแบบรับส่งข้อมูล (Data) ซึ่งในส่วนของการรับส่งข้อมูลนี้เอง ที่ทำให้ยุคนี้มีความแตกต่างจากระบบเก่า (2G) ที่มีพื้นฐานในการพูดคุยแบบเสียงตามปกติอยู่มาก เนื่องจากเป็นระบบที่สร้างขึ้นใหม่เพื่อให้รองรับกับการรับส่งข้อมูลโดยตรง โดยเรียกว่า มาตรฐานยูเอ็มทีเอส (Universal Mobile Telecommunication Systems: UMTS) การเข้าถึงเครือข่ายแบบไร้สายสามารถกระทำได้ด้วยอุปกรณ์หลากหลาย เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ นอกจากนี้ระบบยังคงใช้การเข้ารหัสสัญญาณเป็นแบบซีดีเอ็มเอ (CDMA) ซึ่งสามารถบรรจุช่องสัญญาณได้มากกว่าแต่ใช้แบบแถบกว้าง ระบบนี้จึงมีอีก ชื่อหนึ่งว่า W-CDMA มีแนวโน้มเชื่อมโยงกับระบบอินเทอร์เน็ตได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากมี

ช่องความถี่และความจุในการรับส่งสัญญาณที่มากกว่า จึงส่งผลให้การรับส่งข้อมูลหรือการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านมือถือที่เร็วมากขึ้นแบบก้าวกระโดด ประสิทธิภาพในการใช้งานด้านมัลติมีเดียดีขึ้น และยังมีประสิทธิภาพดีกว่าระบบ 2G อีกด้วย ผลจากความเร็วที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้เราสามารถที่จะทำอะไรบนมือถือได้มากขึ้นจากแต่ก่อน เช่น โทรศัพท์ทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ต (Voice Over IP) คุยแบบเห็นหน้า (Video Call) ประชุมทางไกล (Video Conference) ดูทีวี ดูวิดีโอออนไลน์ (Streaming) เล่นเกมออนไลน์ (Online Gaming) ดาวน์โหลดเพลงหรือโปรแกรมต่าง ๆ ได้เร็วกว่าในยุค 2G เป็นอย่างมาก และมีคุณสมบัติในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตตลอดเวลา (Always On) การที่มีอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง (High Speed Internet) ทำให้สามารถใช้งานได้เวลาที่อยู่นอกบ้าน หรือบริเวณที่ค่อนข้างไกล เช่น ในต่างจังหวัดหรือชนบทที่อินเทอร์เน็ตความเร็วสูงแบบสายนั้นไปไม่ถึง ระบบ 3G ก็จะช่วยทำให้พื้นที่เหล่านั้นสามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตได้ซึ่งเป็นข้อดีของ 3G เพราะใช้สัญญาณคลื่นไมโครเวฟในการส่งทำให้สัญญาณนั้นไปได้ทุกที่เหมือนกับสัญญาณโทรศัพท์

การสื่อสารในยุคที่ 4 (Fourth Generation: 4G) เทคโนโลยีในยุคนี้เป็นเครือข่ายไร้สายความเร็วสูงชนิดพิเศษ หรือเป็นเส้นทางด่วนสำหรับข้อมูลที่ไม่ต้องอาศัยการลากสายเคเบิล โดยระบบเครือข่ายใหม่จะสามารถใช้งานได้แบบไร้สาย รวมถึงคุณสมบัติการเชื่อมต่อเสมือนจริงในรูปแบบสามมิติ (Three Dimensional) ระหว่างผู้ใช้โทรศัพท์ด้วยตัวเอง ไม่ว่าจะเป็นการดูวิดีโอออนไลน์ด้วยความคมชัด และไม่มีอาการกระตุก การสื่อสารข้ามประเทศอย่างโทรศัพท์แบบเห็นหน้ากันและโต้ตอบทันที (Video Call) หรือจะเป็นการประชุมผ่านโทรศัพท์ (Mobile Teleconferencing) ก็เป็นเรื่องง่ายขึ้น แล้วยังมีค่าใช้จ่ายน้อยลงอีกด้วยสำหรับการสื่อสารในยุคที่ 4 นี้แบ่งออกเป็น 2 ระบบด้วยกัน คือ ไวแมกซ์ (Worldwide Interoperability of Microwave Access: WiMAX) และแอลทีอี (Long Term Evolution: LTE) ไวแมกซ์เป็นเทคโนโลยีแถบกว้าง (Broadband) ไร้สายความเร็วสูง โดยพัฒนามาจากมาตรฐาน IEEE 802.16 ซึ่งเป็นมาตรฐานเดียวกับ Wi-Fi แต่มาตรฐานไวแมกซ์สามารถส่งสัญญาณได้ไกลถึง 40 ไมล์ ด้วยความเร็ว 70 เมกะบิตต่อวินาที และมีความเร็วสูงสุด 100 เมกะบิตต่อวินาที ส่วนการพัฒนา LTE จะมีความเร็วมากกว่ายุค 3G ถึง 10 เท่า โดยมีความสามารถในการส่งถ่ายข้อมูล และมัลติมีเดียสตรีมมิ่งที่มีความเร็วอย่างน้อย 100 เมกะบิตต่อวินาที และมีความเร็วสูงสุดถึง 1 จิกะบิตต่อวินาที

การสื่อสารในยุคที่ 5 (Fifth Generation: 5G) เครือข่ายไร้สาย 5G จะเข้าสู่ยุคอินเทอร์เน็ตของทุกสิ่ง (Internet of Things) ซึ่งทุกสิ่งทุกอย่างในโลกจะเชื่อมโยงกันด้วยเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทั้งหมด มีการเชื่อมต่อโดยใช้คลื่นความถี่ที่สูง สามารถรองรับความจุที่เพิ่มขึ้นเป็น 1000 เท่า ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ด้วยความเร็วต่อคนสูงถึง 10 จิกะบิตต่อวินาที ความจุของสัญญาณและความเร็วที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การเชื่อมต่อระหว่างคนกับอุปกรณ์เป็นแบบไร้ระยะทาง (Zero-Distance) ซึ่งภายในปี 2020 สามารถเชื่อมต่อจำนวนอุปกรณ์ได้อย่างน้อยหนึ่งแสนล้านอุปกรณ์ การเตรียมความพร้อมสำหรับเครือข่ายดังกล่าวที่จะเกิดขึ้นระหว่างปี 2020-2030 มาประยุกต์รวมกับของใหม่ รวมถึงจะได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

เพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ต่อไป เทคโนโลยีไร้สายปี 2020 นี้จัดเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างเทคโนโลยีใหม่กับเทคโนโลยีที่มีอยู่เดิมนั่นเอง



รูปที่ 2.1 แสดงวิวัฒนาการตั้งแต่ยุคที่ 1 - ยุคที่ 5

ที่มา: <http://thaimobi.com/about-5g>

2.1.1.1 หลักการทำงานพื้นฐานของเทคโนโลยี 5G

เทคโนโลยีเครือข่ายแห่งอนาคตในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมา เทคโนโลยีของเครือข่ายโทรศัพท์มือถือได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว รวมถึงการเกิดขึ้น และเติบโตของอุปกรณ์ชนิดใหม่ ๆ ไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน และแท็บเล็ต ซึ่งวิวัฒนาการเช่นนี้ได้กระตุ้นให้เกิดการใช้งานเพื่อประโยชน์ที่หลากหลายมากยิ่งขึ้นกว่าเดิม ส่งผลทำให้ปริมาณการใช้งานบนเครือข่ายเติบโตมากขึ้นตามไปด้วย นี่คือนจุดเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลงสู่สังคมเครือข่ายที่ทุกสิ่งทุกอย่างสามารถเชื่อมต่อกันได้ ดังนั้นเทคโนโลยีการสื่อสารบนเครือข่ายโทรศัพท์มือถือที่มีใช้อยู่ทั่วไปในปัจจุบัน จะยังคงได้รับการพัฒนาต่อไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความสามารถของระบบให้มีความก้าวหน้ายิ่งขึ้นควบคู่ไปกับการพัฒนาเทคโนโลยีเสริมเพื่อใช้ในกรณีเฉพาะ ซึ่งการใช้งานร่วมกันอย่างราบรื่นระหว่างเทคโนโลยีเสริม และเทคโนโลยีหลัก อย่าง 3G และ 4G จะทำให้ผู้ใช้ได้รับประโยชน์จากการใช้งานบริการรูปแบบใหม่ ๆ มากยิ่งขึ้น

เทคโนโลยี 5G เป็นระบบสื่อสารไร้สายยุคถัดจากระบบ 4G ซึ่งเป็นระบบที่กำลังถูกพัฒนาโดยหลายประเทศ อาทิ ประเทศในสหภาพยุโรป อังกฤษ จีน ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ โดยมีการกำหนดมาตรฐานจากสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติ หรือไอทียู (ITU) เป็นหน่วยงานที่มีอำนาจกำหนดมาตรฐานต่าง ๆ เกี่ยวกับโทรคมนาคมว่าเทคโนโลยี 5G ต้องสามารถรับส่งข้อมูลได้เร็วถึง 10 จิกะบิตต่อวินาที หรือ

เฉลี่ยความเร็วในขณะที่เคลื่อนที่ต่อคนอยู่ที่ 200 เมกะบิตต่อวินาที ซึ่งมากกว่า 4G ถึง 20 เท่า (4G มีมาตรฐานอยู่ที่ 1 จิกะบิตต่อวินาที) ทำให้ผู้ใช้งานเสมือนกับการใช้งานไฟเบอร์ (Fiber) แต่ความเร็วถ้าได้ใช้จริง ๆ อาจจะไม่ถึง 20 จิกะบิตต่อวินาที เพราะความสามารถก็ขึ้นอยู่กับหลาย ๆ ปัจจัยด้วย เช่น พื้นที่สภาพอากาศ และอุปกรณ์ระบบ 5G จะต้องใช้เวลาในการสวิตช์ระหว่างเทคโนโลยีการเข้าถึงวิทยุที่ต่างระบบกันสูงสุด 10 เมตรต่อวินาที เพื่อให้มั่นใจได้ว่าเป็นการให้บริการที่ไม่ขาดสายไร้รอยต่อ ทั้งนี้ยังมีความจุช่องสัญญาณที่มาก และเปิดใช้งานตลอดเวลา (Always-On) ซึ่งระบบเครือข่ายเคลื่อนที่ปัจจุบันมีการสนับสนุนผู้ใช้งานถึง 5 พันล้านแอปพลิเคชันแล้ว ดังนั้น 5G จึงจำเป็นต้องเพิ่มขยายแบนด์วิทให้สนับสนุนหลายพันล้านแอปพลิเคชันและสนับสนุนเครื่องเป็นแสนล้านเครื่องด้วย เพื่อรองรับปริมาณของผู้ใช้งานในอนาคต รวมถึงการใช้พลังงานต่อบิตก็ควรจะถูกลดลงเป็นพันเท่าเพื่อปรับปรุงระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ของเครื่องที่ถูกเชื่อมต่อ

ในอนาคตผู้ใช้บริการจะสามารถรู้สภาพอากาศ และสถานที่ในขณะที่พูดคุยกับคน ๆ นั้นได้ การรักษาทางการแพทย์ก็จะทำได้อย่างง่ายดาย และประหยัด แพทย์สามารถรักษาผู้ป่วยซึ่งอยู่ในส่วนที่ห่างไกลของโลกได้ การศึกษาจะกลายเป็นเรื่องที่ยั่งยืนที่ไม่ว่านักเรียนจะอยู่ในส่วนใดของโลกก็สามารถเข้าร่วมชั้นเรียนได้ โดยอาจจะเห็นภาพฉายแบบโฮโลแกรม (Hologram) เลยทีเดียว สามารถควบคุมเครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ได้โดยโทรศัพท์มือถือ รวมทั้งภัยธรรมชาติ สึนามิ แผ่นดินไหว ฯลฯ ก็สามารถตรวจพบได้เร็วขึ้น บางอย่างในปัจจุบันก็สามารถทำได้อยู่แล้วเพียงแค่อาจจะยังไม่สมบูรณ์เท่านั้นเอง แต่ข้อดีของ 5G ที่เห็นได้ชัดเลยคือ ไม่ต้องดาวน์โหลดแอปพลิเคชันมาเก็บไว้ในเครื่องอีกต่อไป เพราะมีการเก็บข้อมูลต่าง ๆ หรือการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันในระบบคลาวด์ (Cloud) ซึ่งเป็นอีกหนึ่งในรูปแบบของอินเทอร์เน็ตของทุกสิ่ง (Internet of Things) ที่อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเกือบทุกอย่าง หรือสิ่งของต่าง ๆ จะสามารถเชื่อมข้อมูลกับอินเทอร์เน็ตได้ เพียงใช้ระบบคลาวด์โทรศัพท์มือถือก็แค่ทำหน้าที่ดึงข้อมูลออกมาจากระบบบวกกับความเร็วยุทธศาสตร์ของระบบไร้สายอย่าง 5G ทำให้เราดึงข้อมูลได้ไว การเข้าถึงข้อมูลจึงทำได้ทุกที่ทุกเวลา ไม่ต้องกลัวไฟล์หาย และยังประหยัดพื้นที่ฮาร์ดดิสก์อีกด้วย

ในการเพิ่มความสามารถของเครือข่าย และเพิ่มคุณสมบัติในการทำงานให้สูงขึ้นเมื่อเทียบกับเครือข่ายในปัจจุบัน โดยแทบทุกฟังก์ชันการทำงานของเครือข่ายจะถูกกำหนดด้วยซอฟต์แวร์ด้วยเทคโนโลยีที่มีความชาญฉลาด (Cognitive Technologies) นี้จะควบคุมและส่งเสริมการทำงานของเครือข่ายโดยอัตโนมัติ ขณะเดียวกันก็สามารถส่งเนื้อหา และกระจายการประมวลผลให้ครอบคลุมทั้งเครือข่าย โดยจะคำนึงถึงจุดที่ผู้ใช้งานมีความต้องการมากที่สุด

แม้ว่าปัจจุบันยังไม่ได้มีการกำหนดมาตรฐานของเทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย 5G ไว้อย่างชัดเจนก็ตาม แต่แนวคิดแบบองค์รวมข้างต้นก็ทำให้ภาพที่ชัดเจนเกี่ยวกับแนวโน้มสถาปัตยกรรมในยุค 5G ในอนาคต ทั้งนี้องค์ประกอบหลายองค์ประกอบที่กล่าวข้างต้นได้มีการพัฒนาสำเร็จ และใช้งานจริงแล้วในบางประเทศ

2.1.1.2 การนำเทคโนโลยี 5G มาประยุกต์ใช้

การเปรียบเทียบการใช้งานของเทคโนโลยี 3G, 4G และ 5G สามารถเปรียบเทียบให้เห็นถึงความแตกต่างในด้านการขับเคลื่อนสถาปัตยกรรมเครือข่าย คลื่นความถี่ แลบบความถี่กว้าง รวมไปถึงคุณภาพของการให้บริการ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบระหว่างระบบ 3G, 4G และ 5G

ที่มา: ชลิตา ภัทรณิษฐกุล ปุณยณัฐ ทองขุนนา และเรณูกา เนตรสว่าง

และ <https://www.blognone.com/node/42428>

| คุณลักษณะ | ระบบ 3G | ระบบ 4G | ระบบ 5G |
|--|---|--|--|
| การขับเคลื่อน (Driving Force) | เน้นความสำคัญด้าน เสียงเป็นหลัก การ รับส่งข้อมูลเป็นอันดับ รอง | ทั้งข้อมูล และ มัลติมีเดีย ไปด้วยกัน บนบริการเครือข่าย ของ IP | เน้นการพัฒนาให้ระบบ และเทคโนโลยีสามารถ ทำงานร่วมกันได้เป็น สากล (Global Interoperability) โดย ใช้คลื่นความถี่เดียวกัน (Harmonized Spectrum Usage) |
| สถาปัตยกรรมเครือข่าย (Network Architecture) | ระบบเครือข่ายบริเวณ กว้าง (Wide Area Network) | เป็นการรวมกัน ระหว่าง เครือข่ายไร้ สายกับระบบเครือข่าย บริเวณกว้าง (Wide Area Network) | เครือข่ายแยกส่วน (Network Slicing) |
| แบนด์วิธ (Bandwidth) (bps) | 384K – 2M | 100M สำหรับการ เคลื่อนที่ และ 1G สำหรับสถานี (อยู่กับ ที่) | 200M สำหรับการ เคลื่อนที่ และ 10G สำหรับสถานี (อยู่กับที่) |
| ย่านความถี่ (Frequency Band) (GHz) | 1.8 – 2.4 | 2 – 8 | 2.4 |
| คุณภาพในการ ให้บริการ(Quality of Service) และความ ปลอดภัย | ไม่สนับสนุน | สนับสนุน | สนับสนุน |

2.1.1.3 ส่วนประกอบที่จำเป็นของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 5

(1) การเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายนั้นสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายหลายประเภท เช่น เครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สาย (Wi-Fi) เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แถบความถี่กว้างของช่องสัญญาณแบบแบ่งรหัส (Wideband Code Division Multiple Access: WCDMA) ในยุค 3G และวิวัฒนาการระยะยาวของการสื่อสารแบบไร้สาย (Long Term Evolution: LTE)

(2) ความเร็วของผู้ใช้บริการ (Mobile Speed)

เทคโนโลยีในยุคที่ 5 จะให้บริการเชื่อมต่อเครือข่ายที่สามารถรับรองเทคโนโลยีหลายประเภท อาจจะทำให้มีปริมาณผู้ใช้งานที่มากขึ้นส่งผลให้ความเร็วของผู้ใช้บริการจะต้องเพิ่มขึ้นด้วยเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการใช้บริการ

(3) พื้นที่ให้บริการครอบคลุมกว้าง (Wide Area Coverage)

พื้นที่ให้บริการของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 5 จำเป็นต้องครอบคลุมการให้บริการที่ทั่วถึง ไม่ว่าจะอยู่ในเมืองใหญ่ หรือชนบทที่ห่างไกลก็สามารถที่จะใช้บริการได้อย่างไร้รอยต่อในการสื่อสาร

(4) การเข้าถึงอุปกรณ์ที่หลากหลาย (Internet of Things)

เทคโนโลยีในยุค 5G จะมีความสามารถในการเชื่อมต่ออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเกือบทุกอย่างหรือที่เรียกว่า อินเทอร์เน็ตของทุกสิ่ง (Internet of Things) ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการควบคุมใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ เช่น การใช้สมาร์ทโฟนสั่งเปิด-ปิด อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าสามารถแสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ความสามารถในการใช้งานของเครือข่ายไร้สายในยุคที่ 5

ที่มา: <http://goto2g3g4g5g.blogspot.com>

2.1.1.4 วัตถุประสงค์ของการออกแบบ

เป้าหมายหลักของการออกแบบในระบบการสื่อสารในยุค 5G นั้นจำเป็นต้องสามารถรับส่งข้อมูลได้เร็วถึง 10 จิกะบิตต่อวินาทีเมื่อไม่มีการเคลื่อนที่ หรือความเร็วเฉลี่ยในขณะที่เคลื่อนที่ต่อคนอยู่ที่ 200 เมกะบิตต่อวินาที จะต้องมีความเร็วในการสื่อสารสูงกว่าระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคอื่น ๆ ที่ผ่านมา จากการเข้าถึงอุปกรณ์ที่มีความหลากหลายมากขึ้นจึงต้องเพิ่มความจุของช่องสัญญาณให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อรองรับปริมาณผู้ใช้ และการเชื่อมต่อจำนวนมาก นอกจากนี้ยังสนับสนุนการเพิ่มขึ้นอย่างหลากหลายของบริการอีกด้วย ในระบบ 5G เน้นการพัฒนาให้ระบบ และเทคโนโลยีสามารถทำงานร่วมกันได้เป็นสากล (Global Interoperability) โดยใช้คลื่นความถี่เดียวกัน (Harmonized Spectrum Usage) ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งเป็นคุณลักษณะของเครือข่ายไร้สายแต่ละชนิด

ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะของเครือข่ายไร้สาย

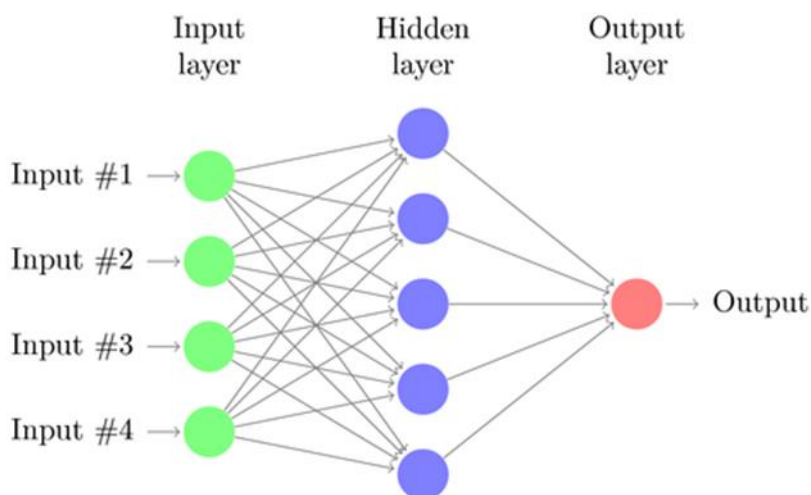
ที่มา: ชลิตา ภัทรณิกกุล ปุณยณัฐ ทองขุนนา และเรณูกา เนตรสว่าง

และ<https://www.blognone.com/node/42428>

| คุณลักษณะของเครือข่าย | ดับเบิลยูซีดีเอ็มเอ (WCDMA) | ไวไฟ (Wi-Fi) IEEE 802.11 ac | แอลทีอี (LTE) |
|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|
| ความถี่ (MHz) | 2100 | 2400 | 2600 |
| แบนด์วิธ (MHz) | 5 | 80,160 | 1.4 |
| อัตราการระบบเชื่อมโยงขาขึ้น (Mbps) | 0.000384 | 7000 | 100 |
| อัตราการระบบเชื่อมโยงขาลง (Mbps) | 0.3 | 6930 | 50 |
| สัมประสิทธิ์ราคาต้นทุน | 0.8 | 0.4 | 0.7 |
| พื้นที่ขอบเขตการให้บริการ (m) | 2500 | 35 | 1000 |
| ความเร็วของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (m/s) | < 80 | < 4 | < 139 |

2.1.2 หลักการของโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks)

โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks) เป็นการจำลองการทำงานของเครือข่ายประสาทในสมองมนุษย์ ซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้ และการจดจำเช่นเดียวกับความสามารถที่มีในสมองมนุษย์ ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ประสาทหรือ “นิวรอน” (Neurons) และจุดประสานประสาท (Synapses) โดยจะมีเดนไดรต์ (Dendrite) ทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุตเข้ามาโดยแต่ละเดนไดรต์จะมีค่าน้ำหนักที่ไม่เท่ากัน จากนั้นตัวเซลล์ (Cell Body) จะทำหน้าที่รวบรวมสัญญาณอินพุตส่งผ่านไปยังปลายของกระแสประสาทเรียกว่า "แอกซอน" (Axon) ทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณออกไป โดยสัญญาณเอาต์พุตจะเป็นฟังก์ชันของผลรวมที่ได้รับจากตัวเซลล์นั่นเอง



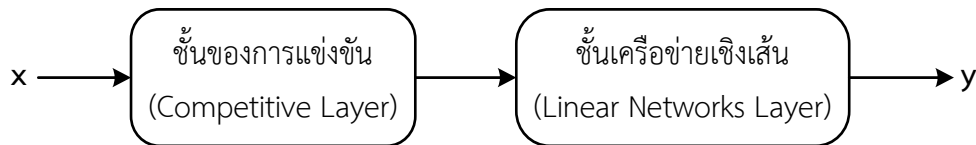
รูปที่ 2.3 โครงสร้างพื้นฐานของโครงข่ายประสาทเทียม

ที่มา: <https://inovancetech.com/ann.html>

โครงข่ายประสาทเทียมจะประกอบด้วยชั้นอินพุต (Input Layer) ชั้นซ่อน (Hidden Layer) และชั้นเอาต์พุต (Output Layer) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 หลักการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมคือ เมื่อมีอินพุต (Input) เข้ามายังระบบจะนำค่าอินพุตมาคูณกับค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ของอินพุตแต่ละตัว ผลที่ได้จากอินพุตของทุก ๆ ตัว จะเอามารวมกันแล้วก็เอามาเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้น (Threshold) ที่กำหนดไว้ ถ้าผลรวมมีค่ามากกว่าค่าเริ่มต้นที่กำหนดไว้ก็จะสามารถส่งเอาต์พุตออกไปได้ เอาต์พุตนี้ก็จะถูกส่งไปยังอินพุตของเซลล์ประสาทอื่น ๆ ที่เชื่อมกันในเครือข่าย ถ้าค่าของผลรวมน้อยกว่าค่าเริ่มต้นที่กำหนดไว้เอาต์พุตก็ไม่สามารถส่งออกไปได้ การนำโครงข่ายประสาทเทียมไปใช้งานนั้นจะประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลักคือ ขั้นตอนการเรียนรู้หรือการฝึกสอน (Training) และขั้นตอนการทดสอบ (Testing) ซึ่งแต่ละขั้นตอนก็จะแยกออกไปตามแต่ละประเภทที่ใช้

2.1.2.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนั้บเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้

สำหรับการแบ่งนั้บเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ประกอบด้วย 2 ชั้น ได้แก่ ชั้นของการแข่งขัน (Competitive Layer) และชั้นเครือข่ายเชิงเส้น (Linear Networks Layer) แสดงดังรูปที่ 2.4 ซึ่งหลักการทํางานโดยรวมของโครงข่ายประสาทเทียมชนิดนี้จะอาศัยพื้นฐานการเรียนรู้ด้วยตัวเองโดยไม่ต้องผ่านการฝึกฝน (Self-Organizing Map: SOM) ซึ่งรายละเอียดในทํางานของแต่ละชั้น เป็นดังนี้



รูปที่ 2.4 กระบวนการแบ่งนั้บเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้

(1) ชั้นของการแข่งขัน (Competitive Layer)

ชั้นการแข่งขัน (Competitive Layer) จะใช้การเรียนรู้โดยอาศัยการพิจารณาตามกฎของยูคลิเดียน (Euclidean) ดังนั้นการฝึกสอนชุดข้อมูลที่ได้ก็คือการนำค่าอินพุตมาใช้ในการพิจารณา ร่วมกับการกำหนดกลุ่มไปโดยปริยาย ส่วนรูปแบบการฝึกสอนจะมีลักษณะเป็นเวกเตอร์ และถูกเชื่อมต่อกันด้วยค่าถ่วงน้ำหนักในรูป ดังสมการที่ 2.1

$$R_{\Lambda}^i = \{x \in X \mid \forall w_j (j \neq i) \rightarrow d^{\Lambda}(w_i, x) \leq d^{\Lambda}(w_j, x)\} \quad (2.1)$$

เมื่อ $d(w_i, x)$ คือ ระยะทางที่คำนวณได้ในแต่ละอินพุต

(2) ชั้นเครือข่ายเชิงเส้น (Linear Networks Layer)

การฝึกสอนเครือข่ายแบบเชิงเส้นนี้ขึ้นอยู่กับค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) ดังสมการที่ 2.2 ระหว่างการฝึกสอนค่าอินพุต และค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ สำหรับขั้นตอนการฝึกสอนโครงข่ายแบบเชิงเส้นจะนำเอาค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighted Value) และค่าไบแอส (Bias) มาทำการปรับปรุงในรอบการเรียนรู้ถัดไป เพื่อให้ค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าที่ยอมรับได้ดังสมการที่ 2.3 และ 2.4 ตามลำดับ

$$MSE = \frac{1}{Q} \sum_{k=1}^Q e(k)^2 = \frac{1}{Q} \sum_{k=1}^Q (t(k) - a(k))^2 \quad (2.2)$$

$$W(k+1) = W(k) + 2\alpha e(k) p T(k) \quad (2.3)$$

$$b(k+1) = b(k) + 2\alpha e(k) \quad (2.4)$$

| | | |
|-------|----------|--|
| เมื่อ | Q | คือ จำนวนรูปแบบทั้งหมดที่เป็นไปได้ |
| | W | คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight Value) |
| | α | คือ ค่าอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) |
| | $e(k)$ | คือ ค่าความผิดพลาด (Error) ที่เกิดจากการเรียนรู้ในรอบที่ k |
| | p | คือ ค่าอินพุตที่เกิดจากชั้นของการแข่งขัน (Competitive Layer) |
| | $T(k)$ | คือ ค่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ล่วงหน้า |

2.1.3 มาตรฐาน IEEE 802.11

IEEE 802.11 คือ มาตรฐานการทำงานของระบบเครือข่ายไร้สายกำหนดขึ้นโดย Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) เป็นมาตรฐานกลางที่ได้นำมาปฏิบัติใช้ เพื่อที่จะทำการเชื่อมโยงอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายเข้าด้วยกันบนระบบ โดยมาตรฐาน 802.11 ใช้การส่งสัญญาณแบบคลื่นวิทยุที่ความถี่ 2.4 จิกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ไอเอสเอ็ม (Industrial Scientific and Medical: ISM) สามารถส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราความเร็วค่อนข้างต่ำ คือ 1 และ 2 เมกะบิตต่อวินาทีเท่านั้น โดยใช้เทคนิคการส่งสัญญาณหลักอยู่ 2 รูปแบบคือ ดีเอสเอสเอส (Direct Sequence Spread Spectrum: DSSS) และ เอฟเอสเอสเอส (Frequency Hopping Spread Spectrum: FHSS) ซึ่งถูกคิดค้นมาจากหน่วยงานทหาร การส่งสัญญาณทั้ง 2 รูปแบบจะใช้ความกว้างของช่องสัญญาณ (Bandwidth) ที่มากกว่าการส่งสัญญาณแบบแถบความถี่แคบ (Narrow Band) แต่ทำให้สัญญาณมีความแรงมากกว่าซึ่งง่ายต่อการตรวจจับมากกว่าแบบความถี่แคบ

ในปัจจุบันการใช้ไวไฟ (Wi-Fi) เรียกได้ว่าเป็นเรื่องปกติไปเป็นที่เรียบร้อยแล้ว สังเกตได้จากปริมาณของอุปกรณ์ที่รองรับการเชื่อมต่อไวไฟ (Wi-Fi) และการให้บริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงแบบไร้สาย (Wi-Fi Hotspot) ที่มีให้ใช้งานมากมาย ซึ่งแน่นอนว่าการที่จะทำให้มันทำงานได้อย่างราบรื่นก็จะต้องมีมาตรฐานกลางในการกำหนด และควบคุมรูปแบบการทำงาน ดังนั้นปัจจุบันจะมีมาตรฐานที่เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไปอยู่ 2 ตัวด้วยกัน ได้แก่ 802.11g และ 802.11n โดยในระยะเวลาอันใกล้จะให้เห็นมาตรฐาน 802.11ac ออกมาใช้งานร่วมด้วย ทั้งนี้ 802.11ac ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยเน้นไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพของการรับส่งคลื่นทำให้ได้ผลลัพธ์คือความเร็วที่เพิ่มขึ้นจากเดิมมาก รวมไปถึงระยะที่ไกลขึ้น และสามารถทะลุผ่านสิ่งกีดขวางได้ดีขึ้น โดยคุณสมบัติของ 802.11ac ต่างจาก 802.11g และ 802.11n ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบมาตรฐาน IEEE 802.11 ระหว่าง 802.11g, 802.11n และ 802.11ac

ที่มา: ชลิตา ภัทรณิษฐกุล ปุณยอนุช ทองขุนนา และเรณูกา เนตรสว่าง

และ<https://www.blognone.com/node/42428>

| มาตรฐาน | ความถี่คลื่น | ความกว้างของช่องสัญญาณ | ความเร็วสูงสุด | รองรับ MIMO |
|----------|--------------|------------------------|----------------|-------------|
| 802.11g | 2.4 GHz | 25 MHz | 54 Mb/s | ไม่รองรับ |
| 802.11n | 2.4/5 GHz | 40 MHz | 600 Mb/s | รองรับ (3) |
| 802.11ac | 5 GHz | 80 MHz และ 160 MHz | 6.93 Gb/s | รองรับ (8) |

จากตารางสังเกตได้ว่าในอนาคตจะมีการปรับความถี่คลื่นไปใช้ที่ 5 จิกะเฮิร์ตซ์ทั้งหมด จากที่ในปัจจุบันยังมีอยู่ 2 ความถี่ด้วยกัน และยังมีการเพิ่มความกว้างของช่องสัญญาณ (Bandwidth) ขึ้นมาเป็น 80 กับ 160 เมกะเฮิร์ตซ์อีก จึงช่วยให้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลเพิ่มขึ้นมาก แต่ความเร็วสูงสุดที่อยู่ในตารางนั้นจะต้องอยู่ในเงื่อนไขการใช้อุปกรณ์แบบสุด ๆ ด้วยเช่นกัน นั่นคือตัวส่งสัญญาณจะต้องมี 8 เสา และตัวรับสัญญาณจะต้องมี 2 เสาจำนวน 4 ชุดด้วยกัน จึงจะสามารถใช้งาน 802.11ac ได้ด้วยความเร็วเต็มที่

เนื่องจาก 802.11ac ทำงานบนช่วงความถี่ 5 จิกะเฮิร์ตซ์ ซึ่งมีขอบเขตสัญญาณแคบกว่าช่วงความถี่ 2.4 จิกะเฮิร์ตซ์ อย่างไรก็ตาม 802.11ac มีฟังก์ชันที่เรียกว่า การสวิตซ์ลำคลื่น (Beam-Forming) ทำหน้าที่ปรับมุมของสายอากาศ (Antenna) และบีบสัญญาณให้ยิงไปหาอุปกรณ์รับสัญญาณโดยตรง ส่งผลให้ได้ระยะทางที่ไกลขึ้น (แต่ละเสาทำงานอิสระต่อกัน ทำให้แบ่งกันยิงสัญญาณไปยังอุปกรณ์หลาย ๆ

เครื่องพร้อมกันได้) แต่กรณีที่มีผู้ใช้งานเป็นจำนวนมาก ฟังก์ชันนี้ก็จะไม่สามารถใช้งานได้อย่างเต็มที่ ผู้ใช้จึงจำเป็นต้องเข้าใกล้ตัวส่งสัญญาณมากขึ้นเพื่อที่จะได้รับสัญญาณที่ดีขึ้น

ในมาตรฐาน 802.11ac นั้น เพื่อให้ได้ความเร็วสูงขึ้น จึงใช้ช่องสัญญาณที่มีความกว้าง 80 และ 160 เมกะเฮิรตซ์ แทนที่จะเป็น 20 เมกะเฮิรตซ์ เหมือนมาตรฐาน 802.11n ส่งผลให้สามารถเลือกใช้ช่องสัญญาณที่จะทำให้ไม่เกิดการรบกวนกันของสัญญาณได้สูงสุดเพียง 5 และ 2 ช่อง ตามลำดับเท่านั้น ดังนั้นผู้ดูแลระบบจึงควรใช้ความระมัดระวังในการออกแบบระบบเครือข่ายไร้สายบนพื้นที่ที่มีการใช้งานหนาแน่น และจำเป็นต้องใช้ตัวส่งสัญญาณหลายเครื่องด้วย

2.1.4 การย้ายข้ามเซลล์ (Handover)

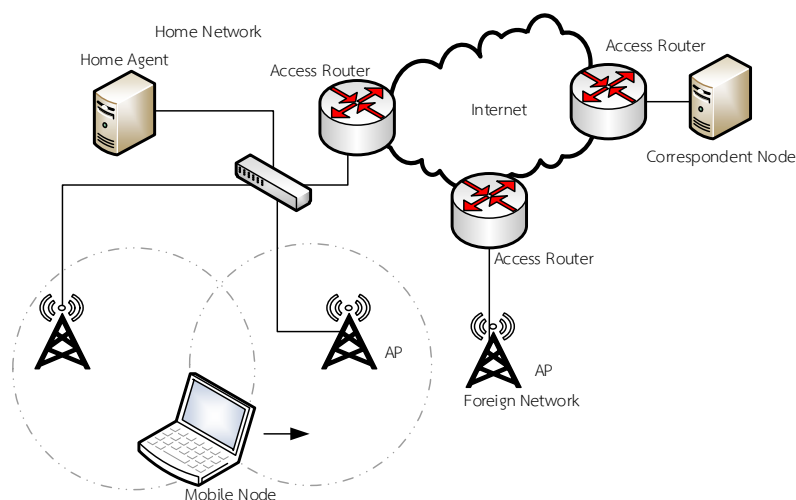
กระบวนการแฮนด์โอเวอร์ หรือแฮนด์ออฟ (Handover or Handoff Process) คือกระบวนการเปลี่ยนช่องสัญญาณในการติดต่อสื่อสารซึ่งเป็นกระบวนการส่งต่อการบริการของสถานีผู้ใช้จากช่องสัญญาณหนึ่งไปยังอีกช่องสัญญาณของเซลล์ข้างเคียงภายในเครือข่ายไร้สายเคลื่อนที่ (Mobile Wireless Networks) เพื่อให้เกิดบริการที่ต่อเนื่อง และมีคุณภาพเป็นที่น่าพึงพอใจ เนื่องจากเมื่อผู้ใช้มีการเคลื่อนที่ออกจากสถานีฐานที่กำลังใช้งานอยู่ จนใกล้เขตแดนระหว่างเซลล์ความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับจากสถานีฐานปัจจุบันก็ลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจส่งผลให้คุณภาพการบริการที่สถานีผู้ใช้ได้รับนั้นค่อยลงไปแต่ในขณะเดียวกันความแรงที่ผู้ใช้ได้รับจากสถานีฐานข้างเคียงก็จะมีกำลังที่สูงขึ้น

ดังนั้นระบบจึงจำเป็นต้องที่เครือข่ายสื่อสารเคลื่อนที่ไร้สายต้องมีกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ (Handover) ที่ช่วยลดสั่นไหวการส่งต่อบริการสื่อสารให้ทันเวลาก่อนที่สัญญาณจะหลุดไป

การทำงานของโมบายไอพีรุ่นที่ 6 จะประสบความสำเร็จได้ต้องอาศัยกระบวนการที่เรียกว่าการย้ายข้ามเซลล์ (Handover หรือ Handoff) ที่ช่วยให้โทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถเปลี่ยนการเชื่อมต่อเครือข่ายในขณะที่กำลังติดต่อสื่อสารอยู่กับเคอเรสปอนเดนทโนด (Correspondent Node) และโปรโตคอลที่อยู่เหนือขึ้นไปกว่าชั้นการสื่อสารที่ 3 (Network Layer) ยังคงทำงานอยู่ และไม่ต้องเริ่มการเชื่อมต่อใหม่อีกครั้ง การย้ายข้ามเซลล์สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท อย่างแรกคือ การแฮนด์โอเวอร์ในแนวนอน (Horizontal Handover) ถ้าเทคโนโลยีระหว่างพื้นที่ที่ใช้เทคโนโลยีการเชื่อมต่อที่เหมือนกัน เช่น การเปลี่ยนแอคเซสพอยท์ (Access Point) เป็นต้น ส่วนการแฮนด์โอเวอร์ในแนวตั้ง (Vertical Handover) คือ การเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ในการเข้าถึงที่มีเทคโนโลยีแตกต่างกันเช่น การเปลี่ยนเครือข่ายสามจี (3G) มาใช้ไวเลสแลนด (WLAN) ซึ่งจะเป็นเครือข่ายในอนาคต นอกจากนี้การย้ายข้ามเซลล์ (Handover) ยังสามารถพิจารณาถึงชั้นการสื่อสารที่ 2 (Link Layer) ถ้าระหว่างการเชื่อมต่อครอบครองโดยวงเครือข่ายย่อย (Subnet) เดียวกันหรือชั้นการสื่อสารที่ 3 (Network Layer) ถ้าทำระหว่างการเชื่อมต่อครอบครองโดยวงเครือข่ายย่อย (Subnet) ที่ต่างกันจะต้องตั้งค่าหมายเลขไอพีรุ่นที่ 6 ที่ต่างจากเดิม

2.1.4.1 การแฮนด์โอเวอร์ในชั้นที่ 2 (Layer 2 Handover)

เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นชั้นการสื่อสารที่ 2 ของแบบจำลองสำหรับอ้างอิงการเชื่อมต่อระบบเปิด (OSI Reference Model) กระบวนการย้ายข้ามเซลล์แบบนี้โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ไม่มีความจำเป็นต้องเปลี่ยนหมายเลขไอพี ยกตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแอคเซสพอยท์ที่อยู่ภายใต้แอคเซสเราเตอร์ (Access Router) ตัวเดียวกัน ในการเชื่อมต่อแอคเซสพอยท์ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนคือ การตรวจรายละเอียด (Scanning), กระบวนการพิสูจน์ตัวตน (Authentication) และกระบวนการเข้าร่วมซ้ำ (Re-association) ซึ่งระยะเวลาส่วนใหญ่จะสูญเสียไปกับการตรวจรายละเอียดหาช่องสัญญาณ ดังรูปที่ 2.5

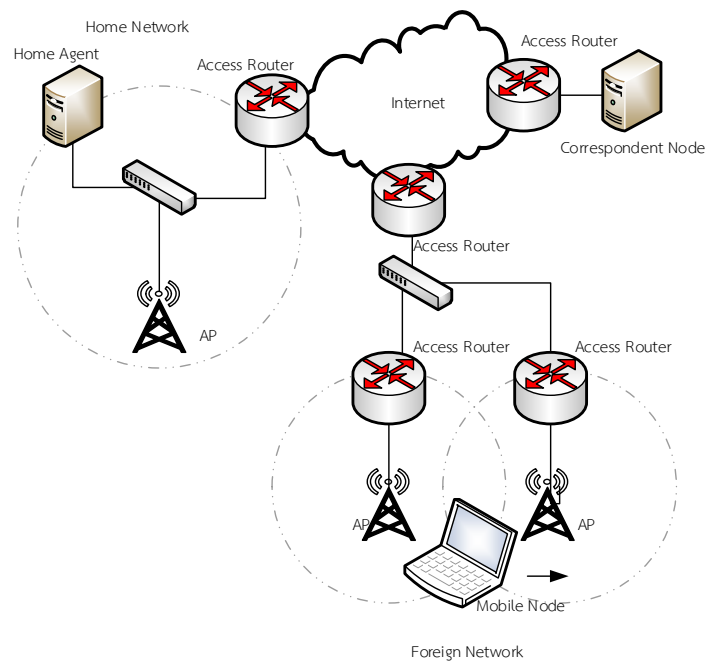


รูปที่ 2.5 กระบวนการแฮนด์โอเวอร์ในชั้นที่ 2

ที่มา: ชลิตา ภัทรณิษฐกุล ปุณยอนุช ทองขุนนา และเรณุกา เนตรสว่าง

2.1.4.2 การแฮนด์โอเวอร์ในชั้นที่ 3 (Layer 3 Handover)

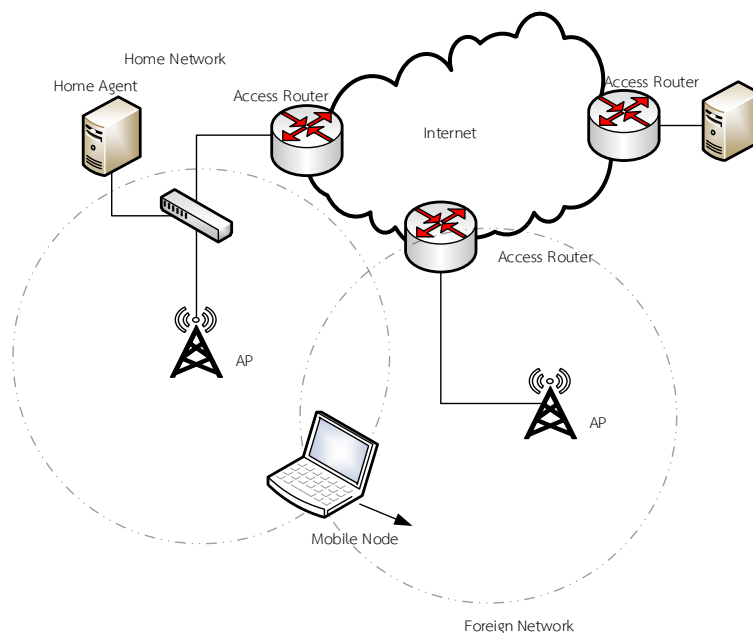
เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในชั้นการสื่อสารที่ 2 และชั้นการสื่อสารที่ 3 ของแบบจำลองสำหรับอ้างอิงการเชื่อมต่อระบบเปิด ซึ่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการเปลี่ยนจุดเชื่อมต่อสู่อินเทอร์เน็ต และหมายเลขไอพี ดังนั้นโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ต้องการตรวจสอบหมายเลขไอพีที่จะนำมาใช้ด้วยว่าถูกใช้ไปแล้วหรือไม่เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการติดต่อสื่อสารทำให้การทำงานล่าช้ากว่ากระบวนการแฮนด์โอเวอร์ในแวนอน



รูปที่ 2.6 กระบวนการแฮนด์โอเวอร์ในชั้นที่ 3

ที่มา: ชลิตา ภัทรณิษฐกุล ปุณยอนุช ทองขุนนา และเรณูกา เนตรสว่าง

จากรูปที่ 2.6 เป็นการแสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนที่ของโทรศัพท์เคลื่อนที่จากจุดที่เป็น แอคเซสเราเตอร์ตัวเก่าไปยังแอคเซสเราเตอร์ตัวใหม่มีผลกระทบทั้งชั้นการสื่อสารที่ 2 และชั้นการสื่อสารที่ 3 แต่ความล่าช้าที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการย้ายข้ามเซลล์ยังคงต่ำอยู่ เนื่องจากกระบวนการนี้เกิดขึ้นภายในโดเมน (Domain) เดียวกันซึ่งไม่ได้เกี่ยวข้องกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่อยู่ภายนอกโดเมน



รูปที่ 2.7 กระบวนการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3

ที่มา: ชลิตา ภัทรณิษฐกุล ปุณยอนุช ทองขุนนา และเรณูกา เนตรสว่าง

จากรูปที่ 2.7 โทรศัพท์เคลื่อนที่เคลื่อนที่ไปยังแอคเซสพอยท์ที่อยู่ต่างโดเมนแม้ว่าจะระยะห่างในการเคลื่อนที่ไปยังแอคเซสพอยท์ที่อยู่ต่างโดเมนจะไม่ไกลกันมากแต่อาจจะได้ผลสรุปว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่เคลื่อนที่ในระยะทางที่ไกลเนื่องจากจะต้องส่งสัญญาณออกไปสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ตรวมทั้งนโยบายด้านความปลอดภัยที่ต่างกันจึงทำให้เกิดความล่าช้าที่สูงกว่าการย้ายข้ามเซลล์ข้างต้นที่ได้อธิบายไป เพราะผู้ให้บริการมักจะปิดกั้นทราฟฟิกจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่จนกว่ากระบวนการพิสูจน์ตัวตน (Authentication) จะแล้วเสร็จจึงทำให้ความสำเร็จของการย้ายข้ามเซลล์ในสถานการณ์นี้ขึ้นอยู่กับความสำเร็จของการพิสูจน์ตัวตนบนเครือข่ายใหม่ นอกจากนี้ยังมีกระบวนการย้ายข้ามเซลล์ชนิดอื่น ๆ อย่างเช่น ฮาร์ดแฮนด์โอเวอร์ (Hard Handover) เป็นวิธีที่จะทำการตัดการเชื่อมต่อจากเครือข่ายเดิมก่อนที่จะเริ่มการเชื่อมต่อกับเครือข่ายใหม่วิธีการนี้จะไม่สนใจเรื่องการสูญเสียแพ็คเกจในขณะที่เกิดกระบวนการย้ายข้ามเซลล์ การกู้ข้อมูลกลับมาเป็นหน้าที่ของโปรโตคอลที่อยู่เหนือกว่าชั้นสื่อสารที่ 3 เช่น โปรโตคอลทีซีพี (TCP) และอีกแบบคือ ซอฟต์แฮนด์โอเวอร์ (Soft Handover) ที่การเชื่อมต่อของโทรศัพท์เคลื่อนที่จะเชื่อมต่อเข้าสู่เครือข่ายตลอดเวลาอย่างน้อยหนึ่งการเชื่อมต่อทำให้มีส่วนของการเชื่อมต่อที่ทับซ้อนกัน โมบายไอพีรุ่นที่ 6 ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยในการเคลื่อนที่ระหว่างเซลล์ขนาดใหญ่ที่อยู่ต่างโดเมน (Macro-Mobility) แต่ก็ไม่ยากนักที่จะพัฒนา และเพิ่มความสามารถให้สนับสนุนการเคลื่อนที่ระหว่างเซลล์ขนาดเล็กที่อยู่ภายในโดเมนเดียวกัน (Micro-Mobility)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนาวุฒิ ประกอบผล (2552) ได้ศึกษาโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานหลายด้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การจำแนกรูปแบบการทำนายการควบคุมการหาความเหมาะสม และการจัดกลุ่ม เป็นต้น หลักการสำคัญของโครงข่ายประสาทเทียมคือ ความพยายามที่จะลอกเลียนแบบการทำงานของเซลล์ประสาทในสมองมนุษย์เพื่อให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลักษณะโดยทั่วไปของโครงข่ายประสาทเทียมคือการที่โหนด (Node) ต่าง ๆ จำลองมาจากไซแนป (Synapse) ของเซลล์ประสาทระหว่างเดนไดรต์ (Dendrite) และแอกซอน (Axon) โดยมีฟังก์ชันเป็นตัวกำหนดสัญญาณส่งออก (Activation Function or Transfer Function) นั่นเอง ลักษณะของโครงข่ายประสาทเทียมสามารถแบ่งได้ 2 แบบคือ 1) โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว (Single Layer) ซึ่งจะมีเพียงชั้นสัญญาณประสาทขาเข้าและชั้นสัญญาณประสาทขาออกเท่านั้น เช่น โครงข่ายเพอเซปตรอนอย่างง่าย (Simple Perceptron) และโครงข่ายโฮปฟิลด์ (Hopfield Networks) เป็นต้น และ 2) โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multi-Layer) ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวแต่จะมีชั้นซ่อน (Hidden Layer) เพิ่มขึ้น โดยอยู่ส่วนกลางระหว่างชั้นนำข้อมูลป้อนเข้า และชั้นส่งข้อมูลออกทั้งนี้ชั้นซ่อนอาจมีมากกว่า 1 ชั้น อย่างไรก็ตามการแบ่งโครงข่ายประสาทเทียมตามประเภทการเรียนรู้ของโครงข่ายสามารถแบ่งได้ 2 ประเภทคือ การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) และการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) โดยในปัจจุบันการพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียมยังคงมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง และคาดว่าจะมีบทบาทอย่างมากในด้านการจำแนกรูปแบบการพยากรณ์ การควบคุม การหาค่าความเหมาะสม และการจัดกลุ่ม

ชนิดา กิมภา และสิรินดา คาคีวี (2556) ได้ทำการศึกษาการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์แบบแนวตั้งโดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับสำหรับการสื่อสารไร้สายในยุคที่ 4 โดยวิธีการทดลองต่าง ๆ จะประกอบด้วยการออกแบบโครงสร้างของเครือข่ายไร้สายในยุคที่ 4 คือ WiFi , LTE และ Mobile WiMAX แล้วนำข้อมูลที่ได้ออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม จากนั้นนำโครงข่ายประสาทเทียมที่ผ่านการฝึกสอนจนสามารถรู้จำได้แล้วมาพิจารณาค่าอัตราการแฮนด์โอเวอร์ของระบบ ค่าอัตราการเรียกขาดหายของระบบ สำหรับในส่วนของการนำเอาโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการตัดสินใจที่จะแฮนด์โอเวอร์นั้นสามารถทำได้โดยการพิจารณาจากค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้คือ ความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้สามารถรับได้ ความหนาแน่นของปริมาณทราฟฟิกจากสถานีฐานที่กำลังให้บริการอยู่และสถานีฐานข้างเคียงของโทรศัพท์เคลื่อนที่ และราคาต้นทุนของแต่ละเครือข่าย จากผลการทดลองพบว่าวิธีที่นำเสนอสามารถช่วยลดการแฮนด์โอเวอร์ที่ไม่จำเป็นลงได้เมื่อเทียบกับวิธีเทอร์ชโฮลซึ่งจะพิจารณาแค่ความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่วิธีการแพร่ย้อนกลับนี้ยังไม่เหมาะกับข้อมูลที่มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้นในปริมาณมาก ๆ

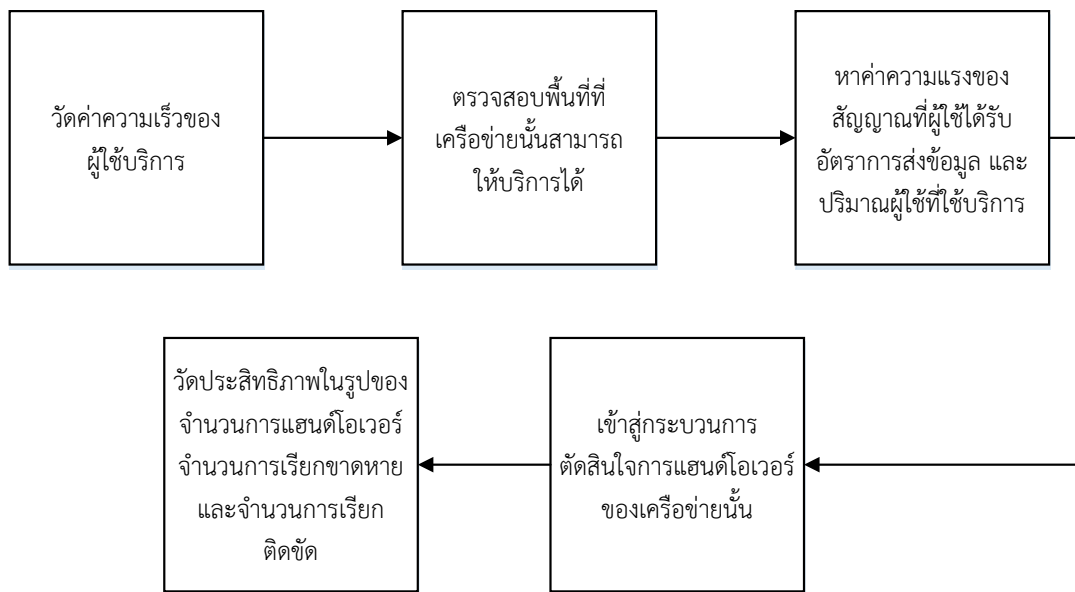
ชลิตา ภัทรณิษฐกุล ปุณยนุช ทองขุนนา และเรณูภา เนตรสว่าง (2557) ได้ศึกษาการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์แบบแนวตั้งโดยใช้วิธีเรเดียลเบซิสฟังก์ชันสำหรับการสื่อสารไร้สายในอนาคต ซึ่งจะประกอบด้วย การออกแบบโครงสร้างของเครือข่ายไร้สายในยุคที่ 4 (4G) คือ Wi-Fi, LTE และ WCDMA โดยใช้ค่าความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับ (Received Signal Strength: RSS) ความเร็วของผู้ใช้บริการ (Mobile Speed) และต้นทุนค่าใช้จ่ายของแต่ละเครือข่าย (Cost) ของระบบไร้สายในอนาคต เพื่อนำไปออกแบบ โครงข่ายประสาทเทียมแบบเรเดียลเบซิสฟังก์ชัน แล้วนำโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้มาพิจารณาตัดสินใจเลือกเครือข่ายที่เหมาะสม โดยวิเคราะห์ประสิทธิภาพในรูปอัตราการแฮนด์โอเวอร์ และอัตราการเรียกขาดหายของระบบ ซึ่งผลการทดลองจะเห็นว่าวิธีนี้สามารถช่วยลดจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ลงได้เมื่อเทียบกับ โครงข่ายประสาทเทียมแบบการแพร่ย้อนกลับ แต่มีข้อเสียคือ การพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจในการแฮนด์โอเวอร์นั้นยังไม่ค่อยเหมาะสมกับสถานะแวดล้อมจริง

ดังนั้นในโครงการเล่มนี้จึงนำหลักการออกแบบโครงข่ายของวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบเรเดียลเบซิสฟังก์ชันมาเป็นแนวทางในการตัดสินใจสำหรับการแฮนด์โอเวอร์แบบแนวตั้งโดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ เพื่อให้เหมาะกับการติดต่อสื่อสารที่กำลังจะเกิดขึ้นในเครือข่ายไร้สายในยุคที่ 5

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

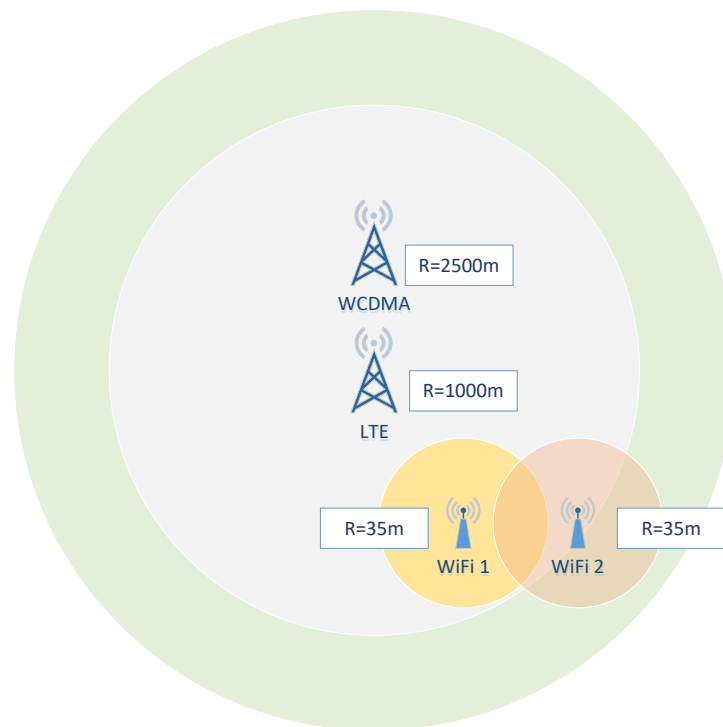
ในการศึกษาการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์แนวตั้งโดยขึ้นอยู่กับโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้สำหรับการสื่อสารไร้สายในอนาคต เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีดำเนินการทดลองต่าง ๆ ซึ่งประกอบไปด้วยการออกแบบโครงสร้างของเครือข่ายไร้สายในอนาคตให้สามารถทำงานร่วมกันได้ โดยพิจารณาจากความเร็วของผู้ใช้บริการ (Mobile Speed) ความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับ (Received Signal Strength: RSS) อัตราการรับส่งข้อมูล (Data Rate) และปริมาณผู้ใช้ที่ให้บริการ (Traffic Load) ของแต่ละเครือข่าย โดยนำข้อมูลเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม สุดท้ายจะวัดประสิทธิภาพในรูปของจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ จำนวนการเรียกขาดหาย และจำนวนการเรียกติดขัด ตามลำดับดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กระบวนการทำงานของโครงงานทั้งหมด

3.1 การออกแบบเครือข่ายไร้สายในอนาคต

ทำการจำลองด้วยโปรแกรมแมทแล็บ และเพื่อแสดงผลให้เห็นชัดเจนขึ้นจึงนำมาแสดงภาพจำลองโดยใช้โปรแกรม Visio โดยการกำหนดตำแหน่งของเครือข่าย WCDMA LTE และ WiFi (IEEE 802.11ac) ดังรูปที่ 3.2 การออกแบบโครงสร้างเครือข่ายไร้สายในอนาคตนี้จะสามารถทำงานร่วมกันได้แบบไร้รอยต่อ ซึ่งเราจะนำไปหาค่าความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับโดยการสุ่มตำแหน่งของผู้ใช้ และกำหนดรัศมีของสัญญาณจากสถานีฐานดังนี้



รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างโครงข่ายไร้สายในอนาคต

กำหนดให้ WiFi (IEEE 802.11ac) มีรัศมีของสัญญาณจากสถานีฐาน คือ 35 เมตร

กำหนดให้ LTE มีรัศมีของสถานีฐาน คือ 1,000 เมตร

กำหนดให้ WCDMA มีรัศมีของสถานีฐาน คือ 2,500 เมตร

นำค่าที่ได้ไปเขียนในโปรแกรมแมทแลป เพื่อสุ่มตำแหน่งของผู้ใช้โดยกำหนดจุดในระนาบบนแกน x ภายในขอบเขต 1-5,000 เมตร และแกน y ภายในขอบเขต 750-5,750 เมตร ทำให้ได้ตำแหน่งของผู้ใช้ครอบคลุมเครือข่ายทั้งสามเครือข่าย โดยแบ่งผู้ใช้ออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ 100 300 500 1,000 1,500 และ 2,000 คนตามลำดับ

3.2 การหาค่าอินพุต

3.2.1 ความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับ (Received Signal Strength: RSS) ในแต่ละระบบของเครือข่ายไร้สายในอนาคต

3.2.1.1 เครือข่าย WiFi จะมีการหาค่าความแรงของสัญญาณดังสมการที่ 3.1

(ที่มา: Sunisa Kunarak)

$$RSS(d)_{dBm} = 10 \log\left(\frac{100}{(39.37d)^\gamma}\right) \quad (3.1)$$

โดย γ คือ ค่าลดทอนการสูญเสียมีค่าเท่ากับ 2.8

d คือ ค่าระยะทางมีหน่วยเป็นเมตร

3.2.1.2 เครือข่าย LTE จะมีการหาค่าความแรงของสัญญาณดังสมการที่ 3.4 โดยผ่านค่าการลดทอนในสมการที่ 3.2

(ที่มา: Sunisa Kunarak)

$$PL(d)_{dB} = S + 10n \log(d) + X_\gamma \quad (3.2)$$

โดย S คือ ค่าลดทอนกำลังของสัญญาณในการทดลองให้มีค่าเท่ากับ 19 dB

n คือ ค่าตัวคูณในการลดทอนสัญญาณที่เกิดจากสิ่งปลูกสร้าง หรือตึกอาคารสถานที่ในโครงการนี้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 3.5

d คือ ค่าระยะทางระหว่างผู้ใช้กับสถานีฐานมีหน่วยเป็นเมตร

X_γ คือ ค่าสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียนการทดลองใช้ค่าเท่ากับ 36 dB และนำค่าที่ได้ดังกล่าวมาคำนวณหาค่าความแรงของสัญญาณจากสมการ 3.3 (ที่มา: Sunisa Kunarak)

3.2.1.3 เครือข่าย WCDMA จะมีการหาค่าความแรงของสัญญาณดังสมการที่ 3.4 โดยผ่านค่าการลดทอนในสมการที่ 3.3

(ที่มา: Sunisa Kunarak)

$$PL(d)_{dB} = S + 10n \log(d) + X_\sigma \quad (3.3)$$

โดย S คือ ค่าลดทอนกำลังของสัญญาณในการทดลองให้มีค่าเท่ากับ 19 dB

n คือ ค่าตัวคูณในการลดทอนสัญญาณที่เกิดจากสิ่งปลูกสร้าง หรือตึกอาคารสถานที่ในโครงการนี้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 3.5

d คือ ค่าระยะทางระหว่างผู้ใช้งานกับสถานีฐานมีหน่วยเป็นเมตร

X_{σ} คือ การแจกแจงแบบเกาส์เซียน (Gaussian) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6 dB และนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าความแรงของสัญญาณจากสมการที่ 3.4

(ที่มา: Sunisa Kunarak)

$$RSS(d) = P_t - PL(d) \quad (3.4)$$

โดย P_t คือค่ากำลังส่งสัญญาณของสถานีฐานเท่ากับ 1 วัตต์

d คือค่าระยะทาง มีหน่วยเป็นเมตร

ทำการคำนวณเพื่อหาค่าความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับของแต่ละเครือข่ายได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

WiFi มีค่า -72.1130 dBm ถึง -28.8069 dBm

LTE มีค่า -135.2680 dBm ถึง -30.2680 dBm

WCDMA มีค่า -149.1959 dBm ถึง -30.2680 dBm

3.2.2 ความเร็วของผู้ใช้ (Mobile Speed) ในแต่ละระบบของเครือข่ายไร้สายในอนาคต

กำหนดให้ความเร็วของผู้ใช้ของระบบทั้งสามเครือข่ายมีค่าเท่ากับ 1 ถึง 95 เมตรต่อวินาที

WiFi มีค่า 0 ถึง 4 เมตรต่อวินาที

LTE มีค่า 0 ถึง 139 เมตรต่อวินาที

WCDMA มีค่า 0 ถึง 80 เมตรต่อวินาที

หมายเหตุ ในการทดลองสำหรับโครงการนี้จะทำการกำหนดความเร็วของผู้ใช้ให้อยู่ในช่วงตั้งแต่ 1-95 เมตรต่อวินาทีเท่านั้น เพื่อลดปัญหาความน่าจะเป็นของผู้ใช้ที่จะตกอยู่ในเครือข่าย LTE เพียงอย่างเดียว เนื่องจากในสภาวะความเป็นจริงเครือข่าย LTE จะสามารถรองรับความเร็วของผู้ใช้ได้สูงถึง 139 เมตรต่อวินาที จึงทำให้ช่วงของการทำงานสามารถมีโอกาสตกอยู่ในเครือข่าย LTE มากที่สุด

3.2.3 อัตราการรับส่งข้อมูล (Data Rate) ในแต่ละระบบของเครือข่ายไร้สายในอนาคต

กำหนดให้อัตราข้อมูลของระบบทั้งสามเครือข่ายอยู่ในช่วง 1 ถึง 200 Mbps โดยแต่ละเครือข่ายจะมีอัตราข้อมูลดังนี้

อัตราข้อมูลของเครือข่าย WiFi มีค่า 100 ถึง 200 Mbps

อัตราข้อมูลของเครือข่าย LTE มีค่า 50 ถึง 100 Mbps

อัตราข้อมูลของเครือข่าย WCDMA มีค่า 1 ถึง 50 Mbps

3.2.4 ปริมาณผู้ใช้ที่ใช้บริการ (Traffic Load) ในแต่ละระบบของเครือข่ายไร้สายในอนาคต

ปริมาณของผู้ใช้ที่ใช้บริการในแต่ละเครือข่ายจะมีปริมาณผู้ใช้ที่ไม่เท่ากัน เนื่องจากความครอบคลุมของสัญญาณในแต่ละเครือข่ายมีความแตกต่างกัน โดยแต่ละเครือข่ายจะมีปริมาณผู้ใช้ที่ใช้บริการดังนี้

ปริมาณผู้ใช้ในเครือข่าย WiFi มีค่า 0.6 Erlangs ถึง 0.7 Erlangs

ปริมาณผู้ใช้ในเครือข่าย LTE มีค่า 0.7 Erlangs ถึง 0.8 Erlangs

ปริมาณผู้ใช้ในเครือข่าย WCDMA มีค่า 0.8 Erlangs ถึง 0.9 Erlangs

3.3 การแบ่งช่วงของอินพุต

3.3.1 การแบ่งช่วงความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับ (Received Signal Strength: RSS) ของผู้ใช้ทั้ง 3 เครือข่าย

สามารถนำค่าของแต่ละเครือข่ายมาแบ่งเป็น 3 ช่วง ได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าในแต่ละช่วงความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับจากทั้ง 3 เครือข่าย

(ที่มา: Sunisa Kunarak)

| ชนิดของเครือข่าย | ช่วงต่ำ (dBm) | ช่วงกลาง (dBm) | ช่วงสูง (dBm) |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
| Wi-Fi (IEEE 802.11ac) | [-72.1130, -57.6776] | (-57.6776, -43.2422] | (-43.2422, -28.8069) |
| LTE | [-135.2680, -100.2680] | (-100.2680, -65.2680] | (-65.2680, -30.2680) |
| WCDMA | [-149.1159, -109.5533] | (-109.5533, -69.9107] | (-69.9107, -30.2680) |

3.3.2 การแบ่งช่วงความเร็ว (Mobile Speed) ของผู้ใช้ทั้ง 3 เครือข่าย โดยนำแต่ละเครือข่ายมาแบ่งเป็น 3 ช่วงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าในแต่ละช่วงความเร็วของผู้ใช้ทั้ง 3 เครือข่าย (ที่มา: Sunisa Kunarak)

| ชนิดของเครือข่าย | ช่วงต่ำ (m/s) | ช่วงกลาง (m/s) | ช่วงสูง (m/s) |
|-----------------------|---------------|--------------------|---------------|
| Wi-Fi (IEEE 802.11ac) | [0, 1.3333] | (1.3333, 2.6666] | (2.6666, 4) |
| LTE | [0, 23.3333] | (23.3333, 46.6666] | (46.6666, 70) |
| WCDMA | [0, 26.6666] | (26.6666, 53.3333] | (53.3333, 80) |

3.3.3 การแบ่งช่วงอัตราการรับส่งข้อมูล (Data Rate) ของผู้ใช้ทั้ง 3 เครือข่าย โดยนำค่าแต่ละเครือข่ายมาแบ่งเป็น 3 ช่วง ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าในแต่ละช่วงอัตราการรับส่งข้อมูลของผู้ใช้ทั้ง 3 เครือข่าย (ที่มา: Sunisa Kunarak)

| ชนิดของเครือข่าย | ช่วงต่ำ (Mbps) | ช่วงกลาง (Mbps) | ช่วงสูง (Mbps) |
|-----------------------|----------------|--------------------|----------------|
| Wi-Fi (IEEE 802.11ac) | [100, 133.333] | (133.333, 166.667] | (166.667, 200) |
| LTE | [50, 66.667] | (66.667, 83.333] | (83.333, 100) |
| WCDMA | [1, 17.333] | (17.333, 33.667] | (33.667, 50) |

3.3.4 การแบ่งช่วงอัตราปริมาณผู้ใช้ที่ให้บริการ (Traffic Load) ของผู้ใช้ทั้ง 3 เครือข่าย โดยนำค่าแต่ละเครือข่ายมาแบ่งเป็น 3 ช่วง ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าในแต่ละช่วงของปริมาณผู้ใช้ที่ให้บริการทั้ง 3 เครือข่าย (ที่มา: Sunisa Kunarak)

| ชนิดของเครือข่าย | ช่วงต่ำ (Erlangs) | ช่วงกลาง (Erlangs) | ช่วงสูง (Erlangs) |
|-----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| Wi-Fi (IEEE 802.11ac) | [0.6, 0.6333] | (0.6333, 0.6667] | (0.6667, 0.7) |
| LTE | [0.7, 0.7333] | (0.7333, 0.7667] | (0.7667, 0.8) |
| WCDMA | [0.8, 0.8333] | (0.8333, 0.8667] | (0.8667, 0.9) |

3.4 การออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม

3.4.1 ออกแบบค่าอินพุต และค่าเป้าหมายของโครงข่าย

จากการแบ่งทั้ง 3 อินพุตออกเป็น 3 ช่วง ทำให้ค่าอินพุต และค่าเป้าหมายมีการออกแบบได้ทั้งหมด 81 กรณี โดยมี 27 กรณีเป็นกรณีสำหรับเครือข่าย WiFi (IEEE 802.11ac) สำหรับเครือข่าย LTE 27 กรณี และอีก 27 กรณีสำหรับเครือข่าย WCDMA ดังตารางที่ 3.4-3.6 ในส่วนรูปแบบของเงื่อนไขอินพุตและเป้าหมายสำหรับแต่ละเครือข่ายที่ใช้ในการประมวลผล สามารถแสดงดังตารางที่ 3.7-3.9 ตามลำดับ

หมายเหตุ ช่วงต่ำ (Low), ช่วงกลาง (Med), ช่วงสูง (High) จากตารางที่ 3.4, 3.5 และ 3.6 สามารถกำหนดค่าเพื่อจะนำไปเป็นการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมให้ มีการรู้จำได้ง่ายมากขึ้น ดังตารางที่ 3.7 3.8 และ 3.9 โดยกำหนดให้

เงื่อนไขของอินพุต

| | | |
|----------|---|------|
| ช่วงต่ำ | = | 0.25 |
| ช่วงกลาง | = | 0.50 |
| ช่วงสูง | = | 0.75 |

และเงื่อนไขของเป้าหมาย

| | | |
|-----------------|---|----|
| แฮนด์โอเวอร์ | = | 10 |
| ไม่แฮนด์โอเวอร์ | = | 01 |

หลักการตัดสินใจในเครือข่ายในแต่ละเครือข่ายทั้ง 3 เครือข่าย จะตัดสินใจจากค่าความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับเป็นหลัก ถ้าค่าความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับมีค่าต่ำก็ควรที่จะตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์ไปใช้งานในเครือข่ายอื่น ถ้าค่าความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับมีค่าสูงก็ไม่ควรที่จะแฮนด์โอเวอร์ เพราะยังสามารถรองรับการให้บริการอยู่ได้ แต่ถ้าค่าความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับมีค่าเป็นระดับกลาง จะพิจารณาจากอัตราการส่งข้อมูล และปริมาณผู้ใช้บริการเป็นลำดับต่อไป

เครือข่าย WiFi จะรองรับอัตราการส่งข้อมูลได้สูง แต่รองรับปริมาณผู้ใช้บริการได้น้อย เนื่องจากพื้นที่ในการให้บริการไม่กว้างมาก ตัวอย่างเช่น ถ้าพิจารณาในเครือข่าย WiFi ค่าความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับมีค่ากลาง อัตราการรับส่งข้อมูลมีค่าสูง และปริมาณผู้ใช้บริการมีค่าต่ำ ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องแฮนด์โอเวอร์ไปใช้งานที่เครือข่ายอื่น

เครือข่าย LTE สามารถรองรับอัตราการส่งข้อมูลได้ในระดับกลาง ต่ำกว่าเครือข่าย WiFi และสูงกว่าเครือข่าย WCDMA แต่มีพื้นที่ในการให้บริการที่กว้างกว่าเครือข่าย WiFi แต่ไม่กว้างเท่าเครือข่าย WCDMA ตัวอย่างเช่น ถ้าพิจารณาในเครือข่าย LTE ค่าความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับมีค่ากลาง อัตราการรับส่งข้อมูลมีค่ากลาง และปริมาณผู้ใช้บริการมีค่าสูง จำเป็นที่จะต้องแฮนด์โอเวอร์ไปใช้เครือข่าย WCDMA เนื่องจากผู้ใช้บริการที่อยู่ในเครือข่าย LTE ได้รับความแรงของสัญญาณในระดับกลาง และต้องการอัตราความเร็วในการใช้งานในระดับกลาง แต่ยังคงมีความหนาแน่นของปริมาณผู้ใช้ที่ให้บริการที่สูง จึงควรทำการแฮนด์โอเวอร์ไปที่เครือข่ายอื่นเพื่อให้ช่องสัญญาณของเครือข่าย LTE ว่างเพื่อรองรับผู้ใช้บริการรายอื่น

เครือข่าย WCDMA รองรับอัตราการส่งข้อมูลได้ต่ำที่สุดในทั้ง 3 เครือข่าย แต่มีพื้นที่ในการให้บริการมากที่สุด ทำให้สามารถรองรับปริมาณผู้ใช้ที่ให้บริการได้ดี ตัวอย่างเช่น ถ้าพิจารณาในเครือข่าย WCDMA ค่าความแรงของสัญญาณมีค่ากลาง อัตราการรับส่งข้อมูลมีค่าต่ำ และปริมาณผู้ใช้ที่ให้บริการมีค่าสูง ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องแฮนด์โอเวอร์ แต่ถ้าเครือข่าย WCDMA ไม่สามารถให้บริการได้ ผู้ใช้จะถูกเรียกขานหายในทันที

ตารางที่ 3.5 แสดงรูปแบบของอินพุต และค่าเป้าหมายสำหรับเครือข่าย WiFi

| ความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับ | อัตราการรับส่งข้อมูล | ปริมาณผู้ใช้ที่ใช้บริการ | ผลลัพธ์ |
|---------------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------|
| ช่วงต่ำ | ช่วงต่ำ | ช่วงต่ำ | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงต่ำ | ช่วงสูง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | ช่วงต่ำ | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | ช่วงกลาง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | ช่วงสูง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงสูง | ช่วงต่ำ | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงสูง | ช่วงกลาง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงสูง | ช่วงสูง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงต่ำ | ช่วงต่ำ | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงต่ำ | ช่วงสูง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงกลาง | ช่วงต่ำ | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงกลาง | ช่วงกลาง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงกลาง | ช่วงสูง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงสูง | ช่วงต่ำ | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงสูง | ช่วงกลาง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงสูง | ช่วงสูง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงต่ำ | ช่วงต่ำ | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงต่ำ | ช่วงสูง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงกลาง | ช่วงต่ำ | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงกลาง | ช่วงกลาง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงกลาง | ช่วงสูง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงสูง | ช่วงต่ำ | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงสูง | ช่วงกลาง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงสูง | ช่วงสูง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |

ตารางที่ 3.6 แสดงรูปแบบของอินพุต และค่าเป้าหมายสำหรับเครือข่าย LTE

| ความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับ | อัตราการรับส่งข้อมูล | ปริมาณผู้ใช้ที่ใช้บริการ | ผลลัพธ์ |
|---------------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------|
| ช่วงต่ำ | ช่วงต่ำ | ช่วงต่ำ | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงต่ำ | ช่วงสูง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | ช่วงต่ำ | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | ช่วงกลาง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | ช่วงสูง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงสูง | ช่วงต่ำ | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงสูง | ช่วงกลาง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงสูง | ช่วงสูง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงต่ำ | ช่วงต่ำ | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงต่ำ | ช่วงสูง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงกลาง | ช่วงต่ำ | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงกลาง | ช่วงกลาง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงกลาง | ช่วงสูง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงสูง | ช่วงต่ำ | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงสูง | ช่วงกลาง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงสูง | ช่วงสูง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงต่ำ | ช่วงต่ำ | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงต่ำ | ช่วงสูง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงกลาง | ช่วงต่ำ | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงกลาง | ช่วงกลาง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงกลาง | ช่วงสูง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงสูง | ช่วงต่ำ | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงสูง | ช่วงกลาง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงสูง | ช่วงสูง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |

ตารางที่ 3.7 แสดงรูปแบบของอินพุต และค่าเป้าหมายสำหรับเครือข่าย WCDMA

| ความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับ | อัตราการรับส่งข้อมูล | ปริมาณผู้ใช้ที่ใช้บริการ | ผลลัพธ์ |
|---------------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------|
| ช่วงต่ำ | ช่วงต่ำ | ช่วงต่ำ | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงต่ำ | ช่วงสูง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | ช่วงต่ำ | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | ช่วงกลาง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | ช่วงสูง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงสูง | ช่วงต่ำ | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงสูง | ช่วงกลาง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงต่ำ | ช่วงสูง | ช่วงสูง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงต่ำ | ช่วงต่ำ | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงต่ำ | ช่วงสูง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงกลาง | ช่วงต่ำ | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงกลาง | ช่วงกลาง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงกลาง | ช่วงสูง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงสูง | ช่วงต่ำ | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงสูง | ช่วงกลาง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงกลาง | ช่วงสูง | ช่วงสูง | แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงต่ำ | ช่วงต่ำ | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงต่ำ | ช่วงสูง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงกลาง | ช่วงต่ำ | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงกลาง | ช่วงกลาง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงกลาง | ช่วงสูง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงสูง | ช่วงต่ำ | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงสูง | ช่วงกลาง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |
| ช่วงสูง | ช่วงสูง | ช่วงสูง | ไม่แฮนด์โอเวอร์ |

ตารางที่ 3.8 แสดงรูปแบบของเงื่อนไขอินเทอร์เน็ต และค่าเป้าหมายสำหรับเครือข่าย WiFi

| ความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับ | อัตราการรับส่งข้อมูล | ปริมาณผู้ใช้ที่ใช้บริการ | ผลลัพธ์ |
|---------------------------------|----------------------|--------------------------|---------|
| 0.25 | 0.25 | 0.25 | 10 |
| 0.25 | 0.25 | 0.5 | 10 |
| 0.25 | 0.25 | 0.75 | 10 |
| 0.25 | 0.5 | 0.25 | 10 |
| 0.25 | 0.5 | 0.5 | 10 |
| 0.25 | 0.5 | 0.75 | 10 |
| 0.25 | 0.75 | 0.25 | 10 |
| 0.25 | 0.75 | 0.5 | 10 |
| 0.25 | 0.75 | 0.75 | 10 |
| 0.5 | 0.25 | 0.25 | 01 |
| 0.5 | 0.25 | 0.5 | 01 |
| 0.5 | 0.25 | 0.75 | 10 |
| 0.5 | 0.5 | 0.25 | 01 |
| 0.5 | 0.5 | 0.5 | 01 |
| 0.5 | 0.5 | 0.75 | 10 |
| 0.5 | 0.75 | 0.25 | 01 |
| 0.5 | 0.75 | 0.5 | 01 |
| 0.5 | 0.75 | 0.75 | 01 |
| 0.75 | 0.25 | 0.25 | 01 |
| 0.75 | 0.25 | 0.5 | 01 |
| 0.75 | 0.25 | 0.75 | 01 |
| 0.75 | 0.5 | 0.25 | 01 |
| 0.75 | 0.5 | 0.5 | 01 |
| 0.75 | 0.5 | 0.75 | 01 |
| 0.75 | 0.75 | 0.25 | 01 |
| 0.75 | 0.75 | 0.5 | 01 |
| 0.75 | 0.75 | 0.75 | 01 |

ตารางที่ 3.9 แสดงรูปแบบของเงื่อนไขอินพุต และค่าเป้าหมายสำหรับเครือข่าย LTE

| ความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับ | อัตราการรับส่งข้อมูล | ปริมาณผู้ใช้ที่ใช้บริการ | ผลลัพธ์ |
|---------------------------------|----------------------|--------------------------|---------|
| 0.25 | 0.25 | 0.25 | 10 |
| 0.25 | 0.25 | 0.5 | 10 |
| 0.25 | 0.25 | 0.75 | 10 |
| 0.25 | 0.5 | 0.25 | 10 |
| 0.25 | 0.5 | 0.5 | 10 |
| 0.25 | 0.5 | 0.75 | 10 |
| 0.25 | 0.75 | 0.25 | 10 |
| 0.25 | 0.75 | 0.5 | 10 |
| 0.25 | 0.75 | 0.75 | 10 |
| 0.5 | 0.25 | 0.25 | 01 |
| 0.5 | 0.25 | 0.5 | 01 |
| 0.5 | 0.25 | 0.75 | 10 |
| 0.5 | 0.5 | 0.25 | 01 |
| 0.5 | 0.5 | 0.5 | 01 |
| 0.5 | 0.5 | 0.75 | 10 |
| 0.5 | 0.75 | 0.25 | 10 |
| 0.5 | 0.75 | 0.5 | 10 |
| 0.5 | 0.75 | 0.75 | 10 |
| 0.75 | 0.25 | 0.25 | 01 |
| 0.75 | 0.25 | 0.5 | 01 |
| 0.75 | 0.25 | 0.75 | 01 |
| 0.75 | 0.5 | 0.25 | 01 |
| 0.75 | 0.5 | 0.5 | 01 |
| 0.75 | 0.5 | 0.75 | 01 |
| 0.75 | 0.75 | 0.25 | 01 |
| 0.75 | 0.75 | 0.5 | 01 |
| 0.75 | 0.75 | 0.75 | 01 |

ตารางที่ 3.10 แสดงรูปแบบของเงื่อนไขอินพุต และค่าเป้าหมายสำหรับเครือข่าย WCDMA

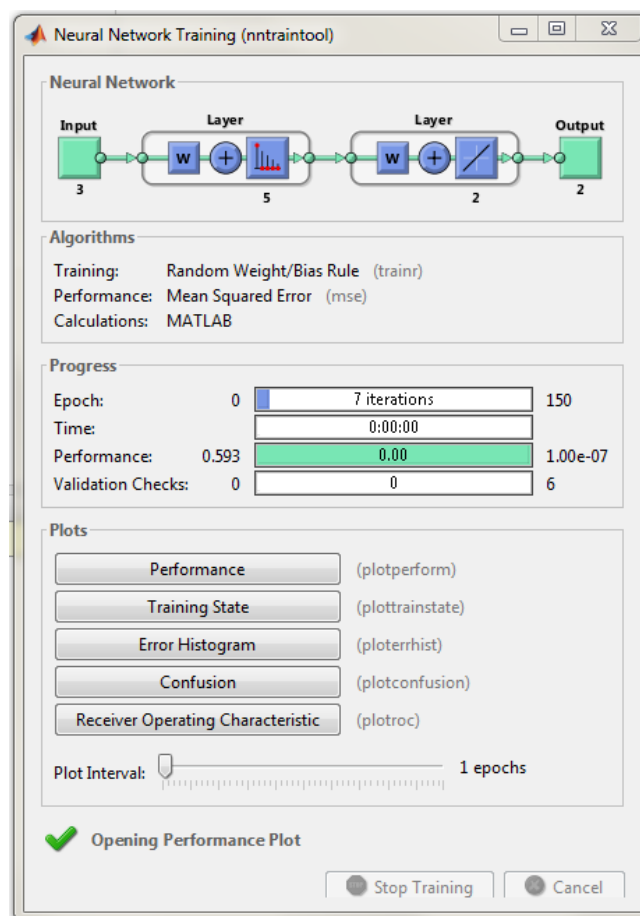
| ความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับ | อัตราการรับส่งข้อมูล | ปริมาณผู้ใช้ที่ใช้บริการ | ผลลัพธ์ |
|---------------------------------|----------------------|--------------------------|---------|
| 0.25 | 0.25 | 0.25 | 10 |
| 0.25 | 0.25 | 0.5 | 10 |
| 0.25 | 0.25 | 0.75 | 10 |
| 0.25 | 0.5 | 0.25 | 10 |
| 0.25 | 0.5 | 0.5 | 10 |
| 0.25 | 0.5 | 0.75 | 10 |
| 0.25 | 0.75 | 0.25 | 10 |
| 0.25 | 0.75 | 0.5 | 10 |
| 0.25 | 0.75 | 0.75 | 10 |
| 0.5 | 0.25 | 0.25 | 01 |
| 0.5 | 0.25 | 0.5 | 01 |
| 0.5 | 0.25 | 0.75 | 01 |
| 0.5 | 0.5 | 0.25 | 01 |
| 0.5 | 0.5 | 0.5 | 01 |
| 0.5 | 0.5 | 0.75 | 10 |
| 0.5 | 0.75 | 0.25 | 10 |
| 0.5 | 0.75 | 0.5 | 10 |
| 0.5 | 0.75 | 0.75 | 10 |
| 0.75 | 0.25 | 0.25 | 01 |
| 0.75 | 0.25 | 0.5 | 01 |
| 0.75 | 0.25 | 0.75 | 01 |
| 0.75 | 0.5 | 0.25 | 01 |
| 0.75 | 0.5 | 0.5 | 01 |
| 0.75 | 0.5 | 0.75 | 01 |
| 0.75 | 0.75 | 0.25 | 01 |
| 0.75 | 0.75 | 0.5 | 01 |
| 0.75 | 0.75 | 0.75 | 01 |

3.4.2 การกำหนดฟังก์ชันและค่าการทำงานต่าง ๆ ของโครงข่ายประสาทเทียม

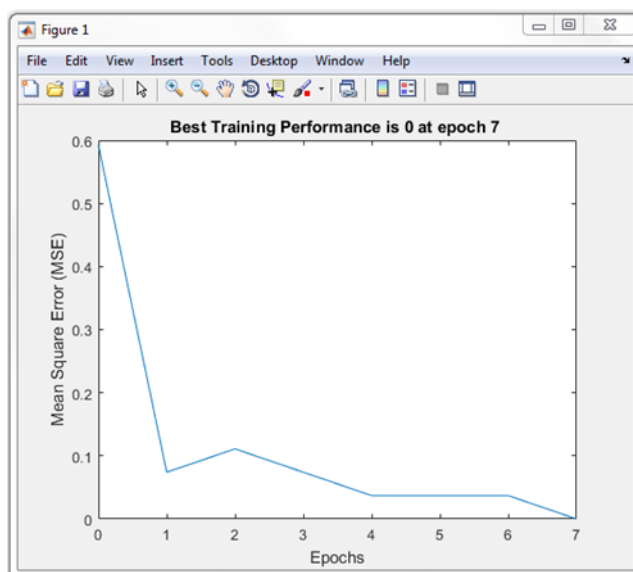
ในส่วนของการทดลองนี้จะมีการทำงานแบ่งออกเป็น 4 ชั้น ได้แก่ ชั้นอินพุตจำนวน 1 โหนด ชั้นโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งน้ำหนักเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้จะมี 2 ชั้น ประกอบไปด้วย ชั้นของการแข่งขัน (Competitive Layer) และชั้นเครือข่ายเชิงเส้น (Linear Networks Layer) ซึ่งมีจำนวน 5 และ 2 โหนด ตามลำดับ สุดท้ายคือ ชั้นเอาต์พุตจำนวน 2 โหนด โดยได้กำหนดจำนวนรอบในการเรียนรู้ หรือ การฝึกสอนไว้ทั้งสิ้นเป็นจำนวน 150 รอบ ซึ่งมีอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.02 เพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมสามารถที่จะเรียนรู้ และจดจำได้รวดเร็วขึ้น โดยการทดลองนี้สามารถยอมรับค่าความผิดพลาดได้เท่ากับ 0.0000001

3.4.3 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งน้ำหนักเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้

เมื่อได้กำหนดฟังก์ชัน และเงื่อนไขต่าง ๆ ให้กับโครงข่ายประสาทเทียมแล้ว จะสามารถทำการฝึกสอนโครงข่ายให้เกิดการเรียนรู้ จดจำฟังก์ชัน และเงื่อนไขต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ ซึ่งจำนวนรอบที่ทำการเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้จะปรากฏดังรูปที่ 3.3 นอกจากนี้ยังสามารถแสดงกราฟค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในการฝึกสอนแต่ละรอบได้ด้วยดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.3 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมของเครือข่าย WiFi



รูปที่ 3.4 ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยกับจำนวนรอบของฝึกสอนสำหรับเครือข่าย WiFi

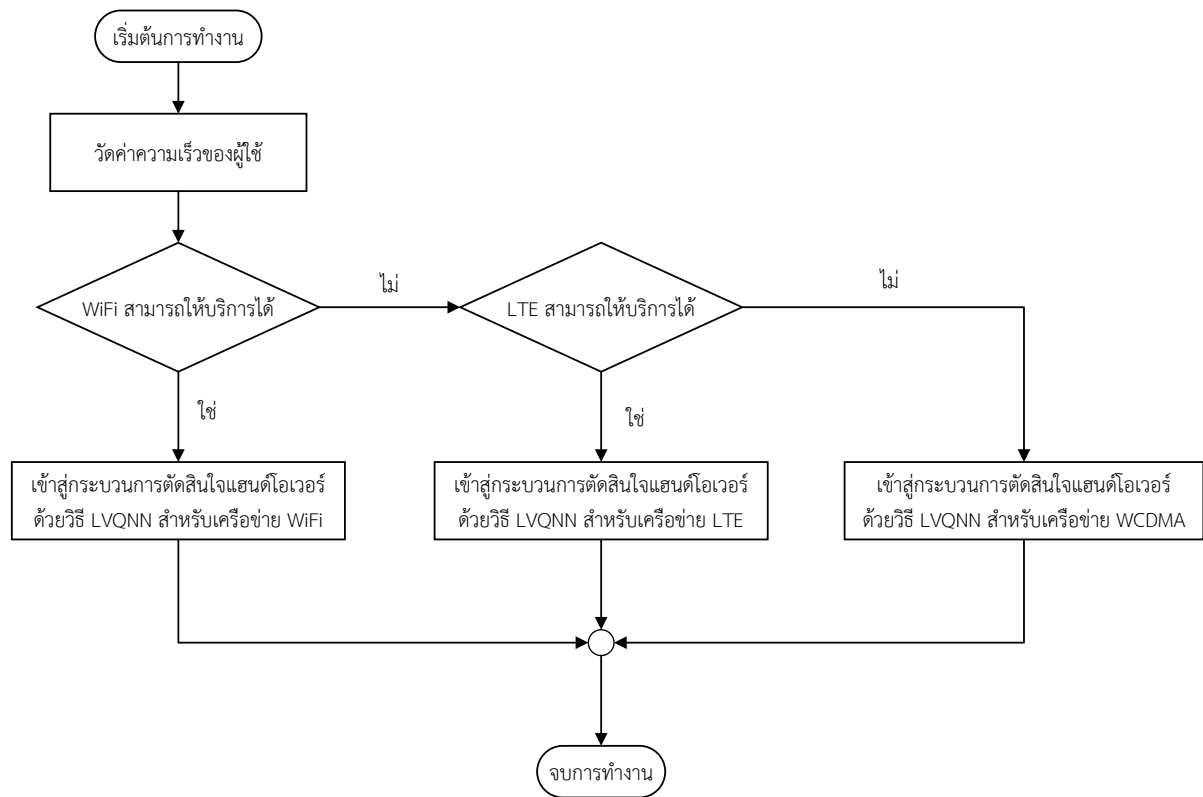
3.4.4 ตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

การทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมนี้มีขึ้นเพื่อทดสอบค่าความถูกต้องหลังจากที่ได้ผ่านการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมให้เกิดการเรียนรู้ และจดจำแล้ว ซึ่งสามารถนำไปแก้ไขในจุดที่เกิดข้อผิดพลาดจากขั้นตอนต่าง ๆ ก่อนที่จะนำเอาโครงข่ายประสาทเทียมไปใช้ในการตัดสินใจในการแฮนด์โอเวอร์ได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำที่สุด

3.5 กระบวนการตัดสินใจเพื่อทำการแฮนด์โอเวอร์แบบแนวตั้งโดยขึ้นอยู่กับโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้

จากรูปที่ 3.5 แสดงให้เห็นขั้นตอนการตัดสินใจเพื่อทำการแฮนด์โอเวอร์แบบแนวตั้งโดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ โดยเริ่มต้นการทำงานจากการวัดค่าความเร็วของผู้ใช้ แล้วพิจารณาว่าระบบไร้สายประเภทใดสามารถให้บริการได้ ซึ่งในที่นี้จะเริ่มพิจารณาจาก WiFi เป็นอันดับแรก เนื่องจาก WiFi เป็นเครือข่ายที่มีความเร็วในการให้บริการสูงที่สุดและต้นทุนต่ำสุด เมื่อทำการพิจารณาแล้วว่าสามารถให้บริการได้ จึงจะเข้าสู่กระบวนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้สำหรับเครือข่าย WiFi แต่ถ้าหากเครือข่าย WiFi ไม่สามารถให้บริการได้จะถูกพิจารณาในเครือข่ายไร้สายถัดไป คือ เครือข่าย LTE เมื่อเครือข่าย LTE สามารถให้บริการได้ก็จะเข้าสู่กระบวนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้สำหรับเครือข่าย LTE และจบการทำงานตามลำดับ แต่ถ้าหากพิจารณาแล้วว่าทั้งเครือข่าย WiFi และเครือข่าย LTE ไม่สามารถให้บริการได้ จะเข้าสู่กระบวนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้สำหรับเครือข่าย WCDMA ซึ่งเป็น

เครือข่ายไร้สายที่ใช้พิจารณาเป็นลำดับสุดท้ายจึงจบการทำงาน แต่ถ้าหากทั้งสามเครือข่ายไม่สามารถรองรับการให้บริการได้ระบบจะเข้าสู่สภาวะการเรียกขาดหายทันที



รูปที่ 3.5 ลำดับขั้นตอนการตัดสินใจแบนด์โอเวอร์แบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะแสดงผลการทดลองต่าง ๆ ทั้งหมด เพื่อให้เห็นอย่างชัดเจนว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งน้ำหนักเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบเรเดียลเบซีสฟังก์ชัน (RBFNN) และวิธีที่ใช้ค่าแบ่ง (Threshold) ซึ่งกระบวนการตัดสินใจจะเริ่มต้นการทำงานโดยการสุ่มหาตำแหน่ง และพิจารณาความเร็วของผู้ใช้ ถ้าเครือข่ายนั้นสามารถให้บริการได้จะเข้าสู่กระบวนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งน้ำหนักเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้สำหรับเครือข่ายนั้น ๆ โดยจำนวนผู้ใช้ที่ทำการพิจารณาจะเริ่มจากจำนวน 100 – 2,000 คน ตามลำดับ

4.1 การกระจายตัวตำแหน่งของผู้ใช้

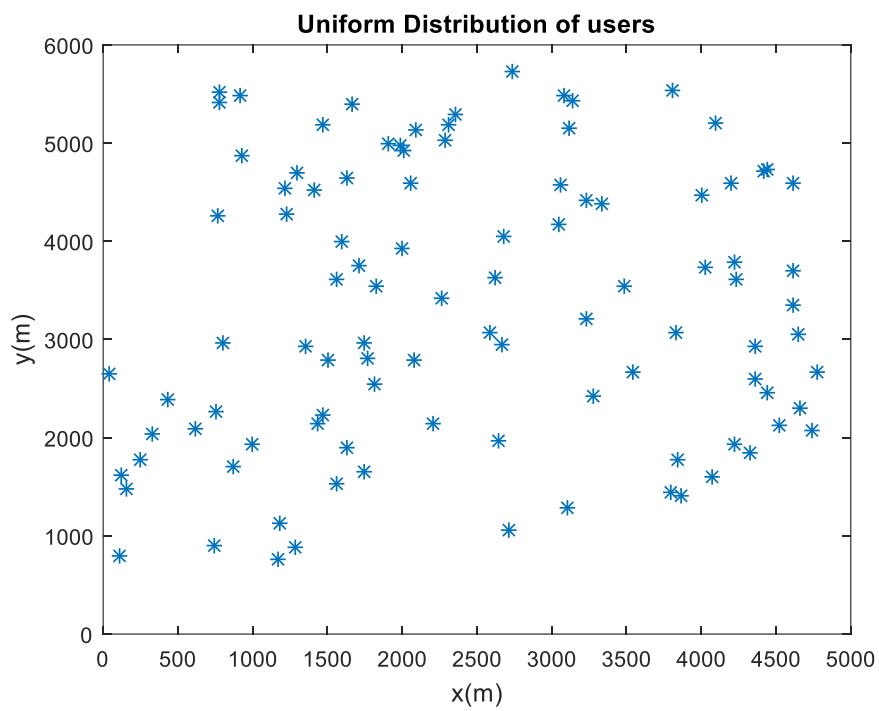
การกระจายตัวของตำแหน่งผู้ใช้จะมีลักษณะการสุ่มแบบเอกรูป (Uniform Distribution) ซึ่งมีการกระจายตำแหน่งอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1 – 5,000 เมตร ในแนวแกน X และ 750 – 5,750 เมตร ในแนวแกน Y โดยพิจารณาที่คำสั่งตามสมการดังนี้

$$X_{user} = a + (b - a) * rand(m, n) \quad (4.1)$$

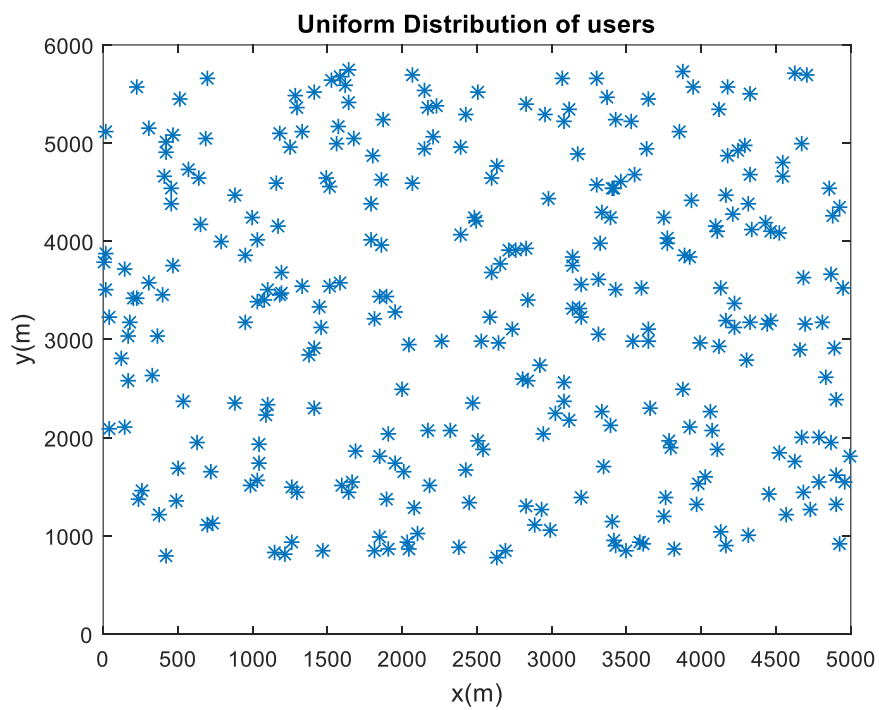
$$Y_{user} = a + (b - a) * rand(m, n) \quad (4.2)$$

สมการที่ 4.1 และ 4.2 คือคำสั่งการกระจายตำแหน่งของผู้ใช้ให้อยู่บนระนาบของค่า X และค่า Y ที่ได้กำหนดไว้จากการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งค่า n คือจำนวนของผู้ใช้บริการเครือข่าย ที่ได้มีการกำหนดค่าตั้งแต่ 100, 300, 500, 1000, 1500 และ 2000 คน แสดงดังรูปที่ 4.1 ถึง รูปที่ 4.6 ตามลำดับ

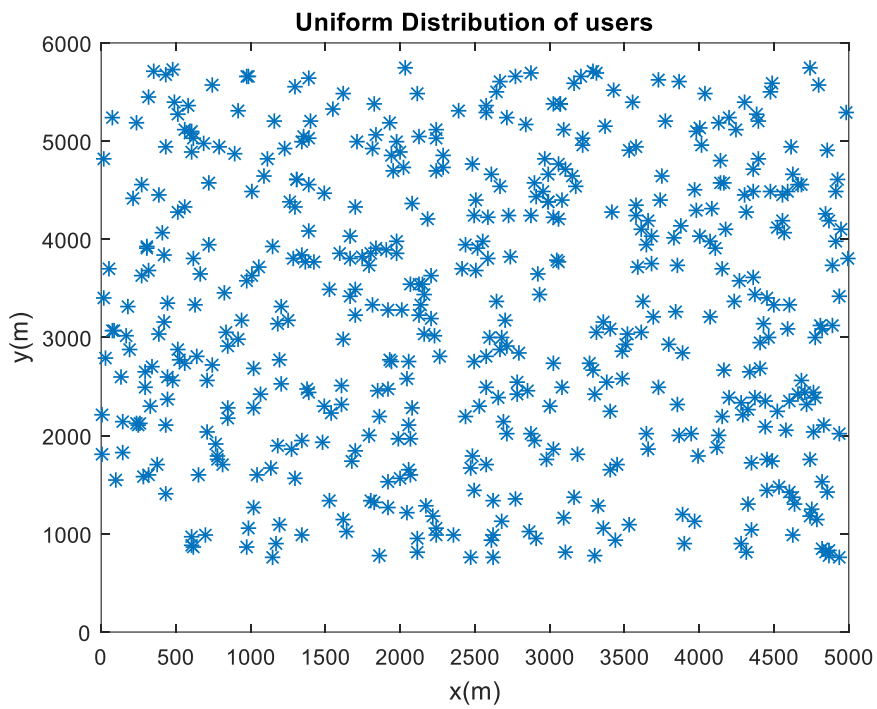
หมายเหตุ โครงการนี้ทำการกำหนดช่วงแกน Y ตั้งแต่ 750-5,750 เมตร และกำหนดช่วงแกน X ตั้งแต่ 1-5,000 เมตร ไม่กำหนดให้แกน X และแกน Y มีขนาดของช่วงแกนที่เท่ากัน เนื่องจากในการออกแบบโครงข่ายไร้สายในอนาคตได้ทำการวางตำแหน่งสถานีฐานของเครือข่าย WCDMA ที่แกน X คือ 2,500 เมตร และที่แกน Y คือ 3,250 เมตร แต่พื้นที่ให้บริการในเครือข่าย WCDMA มีพื้นที่ครอบคลุมถึง 2,500 เมตร ทำให้ตำแหน่งแกน Y มีค่าสูงขึ้น และเลยช่วงกราฟ 5,000 เมตรขึ้นไป ในการทดลองสามารถทำได้สองวิธี โดยทำการขยับตำแหน่งของแกน Y ไปที่ 750-5,750 เมตร ซึ่งเป็นช่วงที่มีความกว้างเท่ากับ 1-5,000 เมตร เท่ากับแกน X และสามารถทำได้โดยวิธีขยับตำแหน่งสถานีฐานของเครือข่าย WCDMA ให้อยู่ในช่วง แกน Y ที่ 1- 5,000 เมตร ได้เช่นกัน แต่สำหรับโครงการนี้ได้นำวิธีการขยับตำแหน่งของแกน Y ไปที่ 750-5,750 เมตร แต่ยังคงมีช่วงความกว้างเท่ากับ 1-5,000 เมตร เท่ากับแกน X



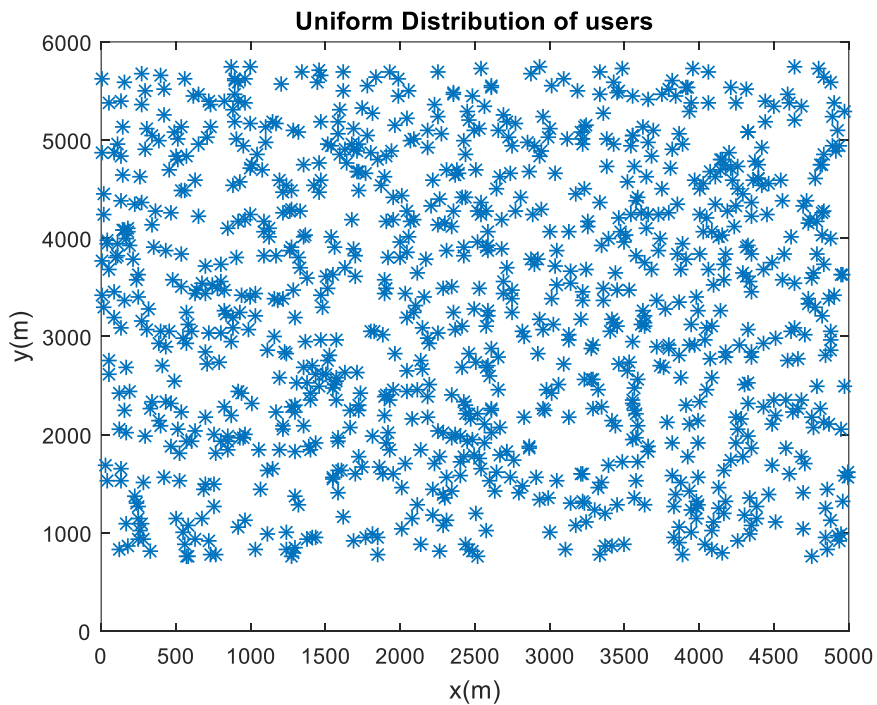
รูปที่ 4.1 การกระจายตัวตำแหน่งของผู้ใช้จำนวน 100 คน



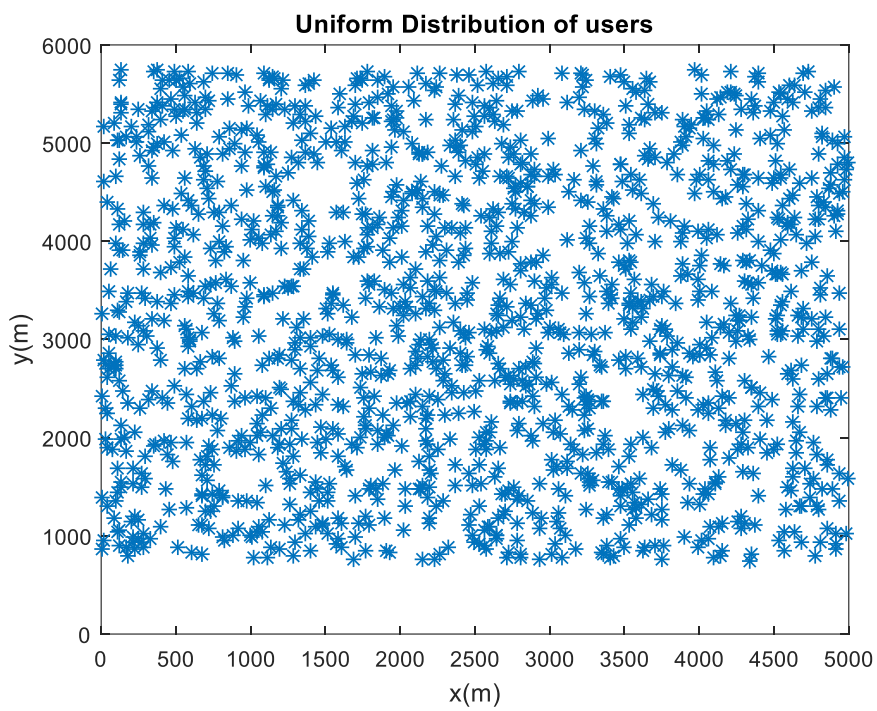
รูปที่ 4.2 การกระจายตัวตำแหน่งของผู้ใช้จำนวน 300 คน



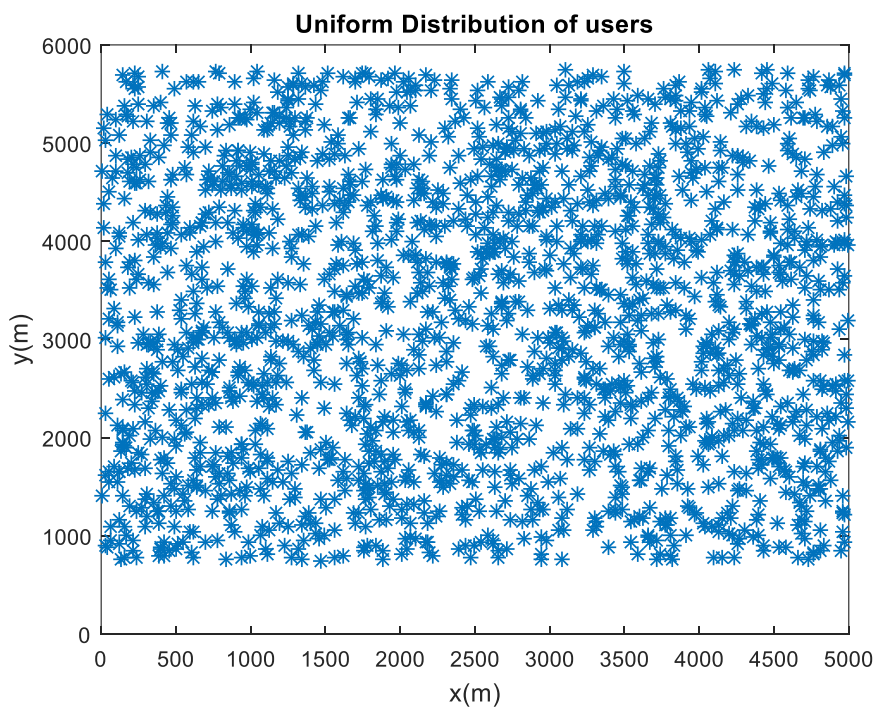
รูปที่ 4.3 การกระจายตัวตำแหน่งของผู้ใช้จำนวน 500 คน



รูปที่ 4.4 การกระจายตัวตำแหน่งของผู้ใช้จำนวน 1000 คน



รูปที่ 4.5 การกระจายตัวตำแหน่งของผู้ใช้จำนวน 1,500 คน



รูปที่ 4.6 การกระจายตัวตำแหน่งของผู้ใช้จำนวน 2,000 คน

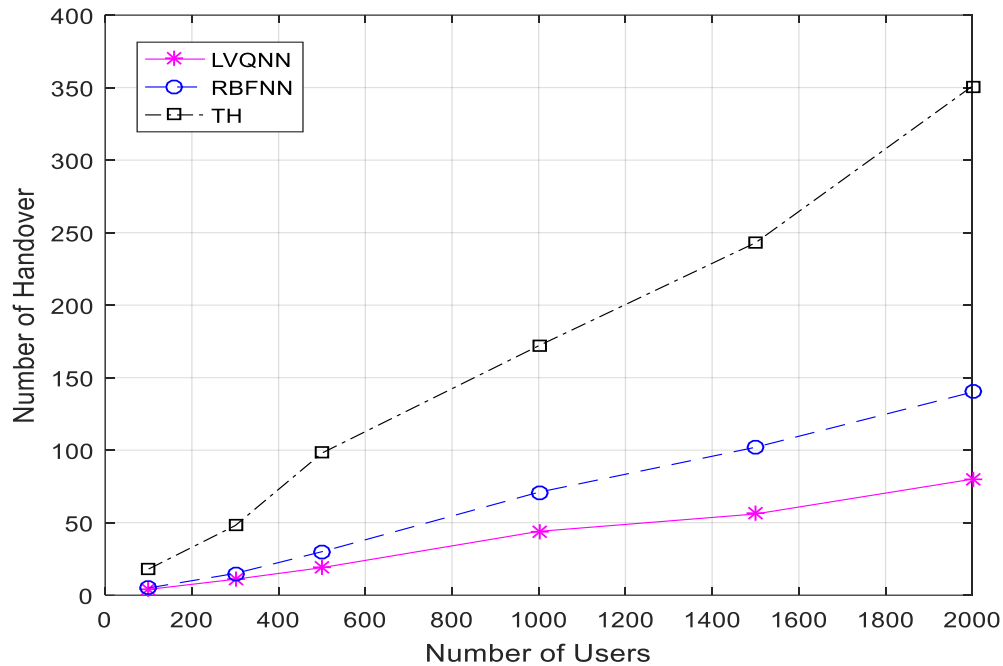
4.2 จำนวนการแฮนด์โอเวอร์ จำนวนการเรียกขาดหาย และจำนวนการเรียกติดขัด

สำหรับการวัดประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งน้ำหนักเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ (LVQNN) จะนำไปเปรียบเทียบกับวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบเรเดียลเบซิสฟังก์ชัน (RBFNN) และวิธีที่ใช้ค่าแบ่ง (Threshold) โดยวัดจากจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ (Number of Handover) จำนวนการเรียกขาดหาย (Dropped Call) และจำนวนการเรียกติดขัด (Blocked Call)

4.2.1 จำนวนการแฮนด์โอเวอร์

สำหรับจำนวนการแฮนด์โอเวอร์จะพิจารณาจากกราฟที่เปรียบเทียบกันของทั้ง 3 วิธีข้างต้น โดยเริ่มพิจารณาจากความเร็วของผู้ใช้บริการ และข้อมูลอินพุตที่ได้จากการตัดสินใจในเครือข่านั้น ๆ อันได้แก่ ความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับ อัตราการรับส่งข้อมูล และปริมาณผู้ให้บริการ ซึ่งวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งน้ำหนักเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของกราฟที่น้อยกว่าทั้งสองวิธีที่เปรียบเทียบถึงแม้จะมีจำนวนผู้ใช้งานมากขึ้นก็ตาม

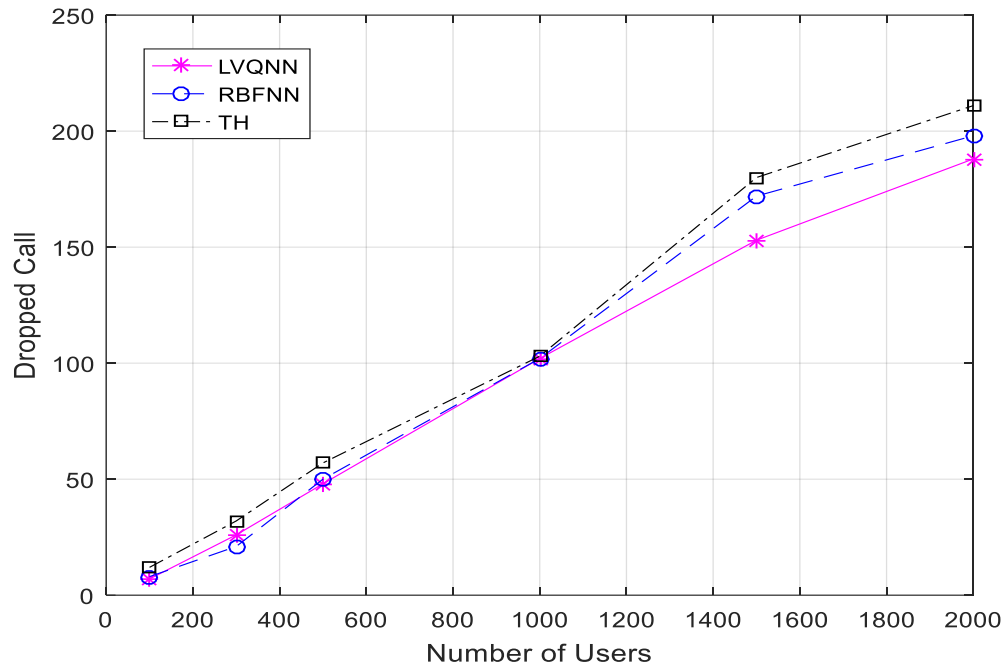
จากรูปที่ 4.7 เป็นการเปรียบเทียบจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ที่เกิดขึ้นจากวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งน้ำหนักเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบเรเดียลเบซิสฟังก์ชัน และวิธีที่ใช้ค่าแบ่ง จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีเรเดียลเบซิสฟังก์ชันจะมีค่าจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ที่ต่ำก็จริง แต่ยังสูงกว่าวิธีของโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งน้ำหนักเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ เพราะวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบเรเดียลเบซิสฟังก์ชันจะถูกต้อง และมีประสิทธิภาพเมื่อมนุษย์มีการฝึกสอนการรู้จำให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ ส่วนวิธีที่ใช้ค่าแบ่งจะมีจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ที่ค่อนข้างสูงมาก เมื่อผู้ให้บริการมีการเคลื่อนที่ออกจากสถานีฐานเดิมอาจเกิดการแฮนด์โอเวอร์ไปที่สถานีฐานข้างเคียงในทันทีโดยไม่จำเป็น เนื่องจากพิจารณาเพียงความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้ได้รับเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 4.7 จำนวนการแฮนด์โอเวอร์ของวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้เปรียบเทียบกับวิธีเรเดียลเบสิสฟังก์ชัน และวิธีที่ใช้ค่าแบ่ง

4.2.2 จำนวนการเรียกขาดหาย

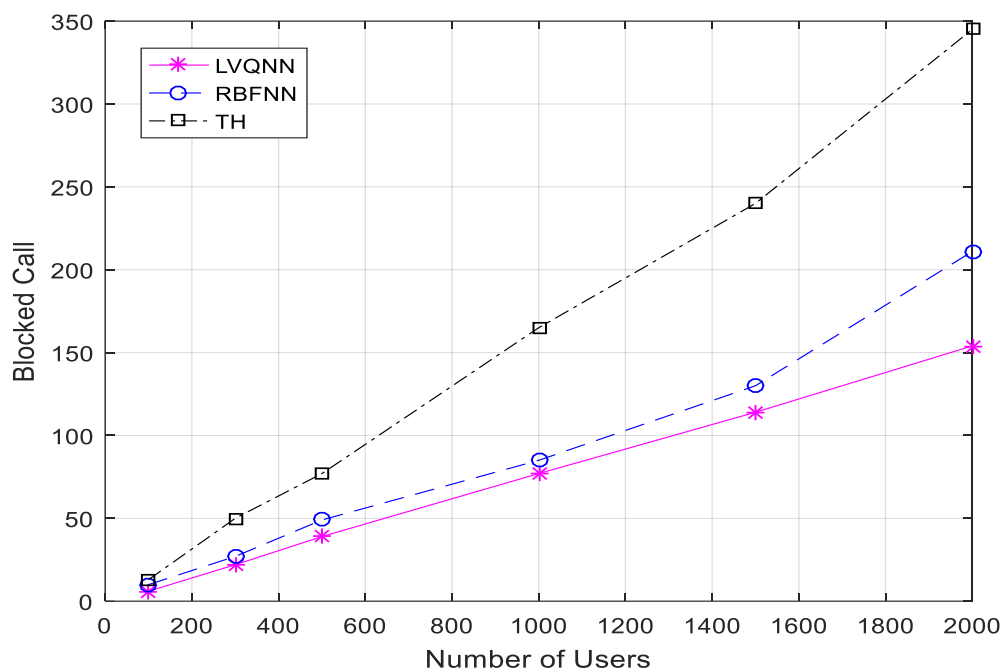
ในส่วนของจำนวนการเรียกขาดหาย จะมีความคล้ายคลึงกับจำนวนการแฮนด์โอเวอร์โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบเรเดียลเบสิสฟังก์ชัน และวิธีที่ใช้ค่าแบ่งจะมีจำนวนการเรียกขาดหายที่สูงกว่าวิธีที่นำเสนอค่อนข้างมาก โดยจำนวนการเรียกขาดหายจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อจำนวนของผู้ใช้บริการมีค่ามากขึ้น แต่ในวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้จะช่วยลดอัตราการเรียกขาดหายได้ ส่งผลทำให้ผู้ใช้ได้รับความต่อเนื่องในการใช้บริการตลอดระยะเวลาสำหรับการติดต่อสื่อสารสามารถแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 จำนวนการเรียกขาดหายของวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งน้ำหนักเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ เปรียบเทียบกับวิธีเรเดียลเบสซิสฟังก์ชัน และวิธีที่ใช้ค่าแบ่ง

4.2.3 จำนวนการเรียกติดขัด

ในที่สุดท้าย คือ ส่วนของจำนวนการเรียกติดขัด ยังคงมีแนวโน้มที่เหมือนกับจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ และจำนวนการเรียกขาดหาย โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งน้ำหนักเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ที่นำเสนอ นี้ จะมีจำนวนการเรียกติดขัดที่ต่ำกว่าวิธีแบบเรเดียลเบสซิสฟังก์ชัน และวิธีที่ใช้ค่าแบ่งค่อนข้างมากโดยทั้งสองวิธีที่เปรียบเทียบจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อจำนวนผู้ใช้งานมีค่ามากขึ้น ซึ่งวิธีที่นำเสนอนี้ จะสามารถช่วยลดอัตราการเรียกติดขัดได้ หมายความว่าผู้ใช้บริการจะสามารถติดต่อสื่อสารได้อย่างต่อเนื่องไม่เกิดการติดขัดในระหว่างการขอแฮนด์โอเวอร์ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 จำนวนการเรียกติดขัดของวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งน้ำหนักเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้เปรียบเทียบกับวิธีเรเดียลเบสซิสฟังก์ชัน และวิธีที่ใช้ค่าแบ่ง

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าประสิทธิภาพของวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งน้ำหนักเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้

| เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ย | วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งน้ำหนักเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ | วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบเรเดียลเบสซิสฟังก์ชัน | วิธีที่ใช้ค่าแบ่ง |
|----------------------|--|---|-------------------|
| จำนวนการแฮนด์โอเวอร์ | 3.93 | 6.15 | 17.43 |
| จำนวนการเรียกขาดหาย | 9.18 | 9.43 | 11.15 |
| จำนวนการเรียกติดขัด | 7.36 | 9.42 | 15.80 |

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งน้ำหนักเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบเรเดียลเบสซิสฟังก์ชัน และวิธีที่ใช้ค่าแบ่งจะมีจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ จำนวนการเรียกขาดหาย และจำนวนการเรียกติดขัดที่ต่ำกว่าเป็นอย่างมากซึ่งทำให้บอกได้ว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งน้ำหนักเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้สามารถช่วยลด

จำนวนการแฮนด์โอเวอร์ได้ 3.93 เปอร์เซ็นต์ ลดจำนวนการเรียกขาดหายได้ 9.18 เปอร์เซ็นต์ และลดจำนวนการเรียกติดขัดได้ 7.36 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับดังตารางที่ 4.1 โดยวิธีการคำนวณได้มาจากการนำค่าทั้ง 6 ตำแหน่งตั้งแต่ผู้ใช้ที่ 100, 300, 500, 1,000, 1,500 และ 2,000 คน มาทำการหาค่าเฉลี่ย ก็จะได้เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ยของจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ จำนวนการเรียกขาดหาย และจำนวนการเรียกติดขัด ทำวิธีนี้เช่นเดียวกันกับโครงข่ายประสาทเทียมแบบเรเดียลเบสิสฟังก์ชัน และวิธีการใช้ค่าแบ่ง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานในแต่ละวิธี

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

สำหรับเนื้อหาของบทนี้จะเป็นการสรุปผลของวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์ เพื่อการเรียนรู้เปรียบเทียบกับวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบเรเดียลเบซิซฟังก์ชัน และวิธีที่ใช้ค่าแบ่งโดยจะ พิจารณาข้อมูลนำเข้าทั้ง 3 พารามิเตอร์ ซึ่งทั้ง 3 พารามิเตอร์ที่กล่าวมาถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการ แชนด์โอเวอร์ นอกจากนี้ยังมีการนำเสนอข้อเสนอแนะเพื่อใช้เป็นแนวทางที่จะสามารถพัฒนางานให้ดียิ่งขึ้นไป ในอนาคต

5.1 สรุปผล

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากระบวนการตัดสินใจในการแชนด์โอเวอร์มีความสำคัญต่อจำนวน การแชนด์โอเวอร์ จำนวนการเรียกขาดหาย และจำนวนการเรียกติดขัดของโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นอย่างมาก เพราะจะทำให้การติดต่อสื่อสารมีความต่อเนื่องในการให้บริการ และสามารถรองรับความต้องการของ ผู้ใช้บริการที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นได้ โดยที่กระบวนการตัดสินใจการแชนด์โอเวอร์ที่เหมาะสมจะสามารถช่วยลด จำนวนการแชนด์โอเวอร์ จำนวนการเรียกขาดหาย และจำนวนการเรียกติดขัดที่ไม่จำเป็นลงได้

สำหรับวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้จะนำมาใช้ในกระบวนการ ตัดสินใจที่จะแชนด์โอเวอร์ซึ่งจะพิจารณาจากพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ ได้แก่ ความแรงของสัญญาณที่ ผู้ใช้ได้รับ อัตราการรับส่งข้อมูล และปริมาณผู้ใช้ที่ใช้บริการของเครือข่ายไร้สายทั้ง 3 ชนิดมาเป็นอินพุตของ กระบวนการโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อการเรียนรู้ จากการออกแบบโครงสร้างของ โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการทดลองนั้นจะประกอบไปด้วย 2 ชั้นการเรียนรู้ คือ ชั้นของการแข่งขัน และ ชั้นเครือข่ายเชิงเส้น จากผลการทดลองที่ได้จะพบว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแบ่งนับเวกเตอร์เพื่อ การเรียนรู้สามารถลดจำนวนการแชนด์โอเวอร์ได้ 2.22 เปอร์เซ็นต์ ลดจำนวนการเรียกขาดหายได้ 0.25 เปอร์เซ็นต์ และลดจำนวนการเรียกติดขัดได้ 2.06 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีโครงข่ายประสาทเทียม แบบเรเดียลเบซิซฟังก์ชัน และสามารถลดจำนวนการแชนด์โอเวอร์ได้ 13.50 เปอร์เซ็นต์ ลดจำนวนการเรียก ขาดหายได้ 1.97 เปอร์เซ็นต์ และลดจำนวนการเรียกติดขัดได้ 8.44 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้ค่าแบ่ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับการวิจัยในอนาคตสามารถปรับปรุง และพัฒนาการตัดสินใจในการแฮนด์โอเวอร์ได้โดยการเพิ่มรูปแบบ และจำนวนของพารามิเตอร์ให้มีความละเอียดเพิ่มมากขึ้น เพื่อใช้ในกระบวนการตัดสินใจทำการแฮนด์โอเวอร์ หรือเปลี่ยนวิธีโดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบอื่น ๆ ที่มีประสิทธิภาพมากกว่า ซึ่งอาจจะช่วยลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการแฮนด์โอเวอร์ และจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบ ส่งผลทำให้ระบบมีความถูกต้องแม่นยำในการแฮนด์โอเวอร์มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ชนิดา กิมภา. และสิรินดา คาคีวี. (2556). การตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์แบบแนวตั้งโดย

วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับสำหรับการสื่อสารไร้สายในยุคที่ 4. องค์กรฯ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ชลิตา ภัทรณิษฐกุล. ปุณยณัฐ ทองขุนนา. และเรณูภา เนตรสว่าง. (2557). การตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์แบบ

แนวตั้งโดยใช้วิธีเรเดียลเบสซิสฟังก์ชันสำหรับการสื่อสารไร้สายในอนาคต. องค์กรฯ มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ.

<http://www.checkraka.com/mobilephone/knowledge/1627099/>

online: 22 Oct. 2016

<https://inovancetech.com/ann.html>

online: 22 Oct. 2016

http://www.w3ii.com/th/5g/5g_quick_guide.html

online: 23 Oct. 2016

<https://www.techtalkthai.com/gigabit-wifi-802-11ac-5-things/>

online: 28 Oct. 2016

<https://www.blognone.com/node/42428>

online: 28 Oct. 2016

Sunisa Kunarak. (2016). *Vertical Handover Decision Based On Learning Vector*

Quantization Neural Networks with Multi-Criteria for Ubiquitous Wireless Networks.

Second International Conference on Science, Engineering & Environment, Osaka

City, Japan, Nov.21-23, 2016

ประวัติย่อผู้ทำโครงการงาน

ประวัติย่อผู้ทำโครงการ

ชื่อ ชื่อสกุล

นางสาวเสาวนีย์ บุญส่ง

วันเดือนปีเกิด

18 มีนาคม 2538

สถานที่เกิด

อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม

สถานที่อยู่ปัจจุบัน

26/1 หมู่ที่ 8 ตำบลตลาดจินดา

อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม 73110

หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ

085-821-8786

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2557

มัธยมศึกษาปีที่ 6

จากโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย จังหวัดนครปฐม

พ.ศ. 2560

กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



ประวัติย่อผู้ทำโครงการ

| | |
|-----------------------|--|
| ชื่อ ชื่อสกุล | นางสาวณัฐกานต์ อุ๋นทรัพย์ |
| วันเดือนปีเกิด | 31 พฤษภาคม 2538 |
| สถานที่เกิด | เขตสายไหม จังหวัดกรุงเทพมหานคร |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน | 939/181 หมู่บ้านดอนเมืองวิลล่า2 แขวงคลองถนน เขตสายไหม จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10220 |
| หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ | 081-949-8796 |
| ประวัติการศึกษา | |
| พ.ศ. 2557 | มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย จังหวัดกรุงเทพมหานคร |
| พ.ศ. 2560 | กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |



ประวัติย่อผู้ทำโครงการ

ชื่อ ชื่อสกุล

นางสาวโยทกา ชูทอง

วันเดือนปีเกิด

9 กรกฎาคม 2537

สถานที่เกิด

เขตประเวศ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

สถานที่อยู่ปัจจุบัน

12 ซอยเฉลิมพระเกียรติ.9

ซอย 6 แยก 3 แขวงหนองบอน เขตประเวศ

จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10250

หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ

088-958-8913

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2557

มัธยมศึกษาปีที่ 6

จากโรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง จังหวัดกรุงเทพมหานคร

พ.ศ. 2560

กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

