รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

โปรแกรมตรวจจับการชนกันของ PCI เพื่อปรับปรุงคุณภาพโครงข่าย LTE

PCI Collision Checking Tool For improvement of LTE Network

นายปาณัสม์ จรูญรัตน์

ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T148575

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

โปรแกรมตรวจจับการชนกันของ PCI เพื่อปรับปรุงคุณภาพโครงข่าย LTE

PCI Collision Checking Tool For Improvement of LTE Network

นายปาณัสม์ จรูญรัตน์

ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

วศ. ว/5452/2559

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 148575
วัน.เดือน.ปี 6 พ.ย. 2560

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

โปรแกรมตรวจจับการชนกันของ PCI เพื่อปรับปรุงคุณภาพโครงข่าย LTE

PCI Collision Checking Tool For Improvement of LTE Network

นายปาณัสม์ จรูญรัตน์

ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา โปรแกรมตรวจจับการชนกันของ PCI เพื่อปรับปรุงคุณภาพโครงข่าย LTE

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายปาณัสม์ จรูญรัตน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายชัยวัฒน์ วิสุทธิ์เมธางกูร

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท หัวเหว่ย เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดของการกำหนด PCI ในไซต์ LTE ในแต่ละพื้นที่ โปรแกรมนี้จัดทำขึ้นมาเนื่องจาก การวางแผนในการติดตั้งเสาสัญญาณใหม่ๆ ยังไม่มีการตรวจสอบการวางแผนการติดตั้งที่แน่นอน โปรแกรมนี้จึงมาช่วยตรวจสอบอีกทีหลังจากติดตั้งเรียบร้อยแล้ว เนื่องจากทุกเซลล์จะมีหมายเลขประจำตัว ซึ่งเรียกว่า PCI เป็นของตัวเอง ใช้ยืนยันตัวตน เมื่อคุณภาพของสัญญาณต่ำกว่ามาตรฐานจนต้องการแฮนด์โอเวอร์ ไปหาเซลล์ใหม่ มือถือจำเป็นต้องทราบ PCI ของแต่ละเซลล์ที่อยู่ใกล้เคียง เมื่อมือถือตรวจพบเซลล์หลายๆเซลล์ที่มี PCI ซ้ำกัน มือถือจะเริ่มสับสนแล้วตัดสินใจไม่ถูกว่าจะทำกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ไปยังเซลล์ไหนจึงทำให้เกิดการ “สายหลุด” หรือ “เน็ตหลุด” ในที่สุด

โปรแกรมนี้ดำเนินการโดยใช้ข้อมูลละติจูด ลองติจูดของ PCI และมุมอะซิมุทจากสองแหล่งข้อมูล คือ ข้อมูลมุมอะซิมุทของแต่ละเซลล์ และ ข้อมูลที่ดึงออกมาจาก Live Network โดยโปรแกรมนี้จะมีการทำงานการตรวจสอบสองแบบ คือ ตรวจสอบการกำหนด PCI เลขเดียวกันภายในระยะทางที่ไม่เหมาะสมและตรวจสอบการซ้ำกันของกลุ่ม PCI โปรแกรมจะนำข้อมูลมาประมวลผล สุดท้ายจึงนำมาแสดงผลเป็นคู่เซลล์ที่มีปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: PCI Collision Checking Tool For Improvement of LTE Network

Student intern name: Mr.Panat Jaroonrat

Faculty: Engineering **Department:** Information Technology

Advisor name: Asst.Panarat Cherntanomwong

Mentor name: Mr.Chaiwat Wisutmaytangkoon

Company: Huawei Technologies (Thailand) Co., Ltd.

ABSTRACT

This project has objective to check the mistake of determining PCI in LTE site in each area. This program has been created because planning in setting new antenna still does not has an optimal and certainty way to check the setting plan. This program will be made to check again once it has been completely set. Because every cells will have its number (that is called their own PCI) using for identification. When the quality of signal is lower than standard, as low as it needs to handover to new cells, phone needs to know the PCI of each cell nearby. When phone detects many cells that have repetition of PCI, phone starts to confuse and then it can't decide to handover to which cell, which will finally cause call drop

This program proceeds by using latitude, longitude, and Azimuth from 2 sources; the data of in each cell and the data from live network. The program will have processes in 2 ways that are checking of determination of PCI that has same number within improper distance and checking of repetition of PCI group, the program will take the data and run then finally it will show the result that is a pair of cell that has a problem.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โปรแกรมตรวจจับการซ้ำกันของ PCI เพื่อป้องกันการรบกวนกันของสัญญาณ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงจาก ผศ.ดร.พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์ อาจารย์นิเทศ และ นายชัยวัฒน์ วิสุทธิ์เมธางกูร ผู้นิเทศงาน ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและตรวจสอบ แก้ไข ข้อบกพร่องทุกขั้นตอนของการจัดทำโครงงาน กระผมขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา เพื่อนนักเรียน ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ที่ได้ให้กำลังใจและมีส่วนช่วยเหลือให้โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ท้ายที่สุดกระผมหวังว่าโครงงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์กับผู้สนใจไม่มากก็น้อย

นายปาณัสม์ จรูญรัตน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

บทคัดย่อ I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ III

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงาน 1

1.3 ขอบเขต 2

1.4 วิธีดำเนินการ 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ความหมายของ แอลทีอี 4

2.2 สถาปัตยกรรมเครือข่าย แอลทีอี 8

2.3 ความพร้อมของเครื่องลูกข่าย แอลทีอี 10

2.4 โครงสร้างระบบเสาสัญญาณ 11

2.4.1 คลัสเตอร์ 11

2.4.2 ไซต์ 12

2.4.3 เซคเตอร์ 12

2.4.4 เซลล์ 13

2.5 โหมดการทำงานของอุปกรณ์เครื่องลูกข่าย 13

2.6 การโอนถ่ายการเชื่อมต่อ หรือ แฮนด์โอเวอร์ 14

2.7 เซลล์เนเบอร์ 14

2.8 พีซีไอ หรือ ฟิสิคอล เซลล์ ไอดี 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน....21
3.1 การศึกษาเบื้องต้น....21
3.1.1 ศึกษา แอลทีอี....21
3.1.2 ศึกษาโปรแกรมที่จำเป็นในการทำงาน....36
3.1.3 โฟลวชาร์ต ของโปรแกรมเชคพีซีไอ....38
3.1.4 โฟลวชาร์ต ของโปรแกรมเชคมอดพีซีไอ....40
3.2 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน....42
3.2.1 ทำความเข้าใจกับข้อมูลว่ามีตัวแปรอะไรบ้างและต้องนำอะไรมาใช้บ้าง....42
3.2.2 ศึกษาการใช้สูตรคำนวนมุมอะซิมุทเพื่อดูการหันเข้าหากันของเซลล์....43
3.2.3 เขียนโค้ด สร้างการทำงานในการประมวลผลต่างๆ....44
3.2.4 จัดโค้ดให้เป็นระเบียบเพื่อง่ายต่อการเข้าใจต่อคนที่มาศึกษา....48
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน....49
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ....59
5.1 การดำเนินงานจัดทำโครงงาน....59
5.1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน....59
5.1.2 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือหรือโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนา....59
5.2 สรุปผลการดำเนินโครงงาน....59
5.3 ข้อเสนอแนะ....60
5.3.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป....60
5.3.2 ปัญหา อุปสรรค....60
เอกสารอ้างอิง....63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 2.1 การเติบโตของตลาดการสื่อสารแบบบรอดแบนด์ ในปี 2007 - 2014 4
ภาพที่ 2.2 การเติบโตของปริมาณข้อมูลของโทรศัพท์มือถือ ข้อมูลและเสียง 5
ภาพที่ 2.3 โครงสร้างสถาปัตยกรรมตามมาตรฐานแอลทีอี 9
ภาพที่ 2.4 เครื่องลูกข่ายแอลทีอี 11
ภาพที่ 2.5 คลัสเตอร์ 11
ภาพที่ 2.6 ไซต์ 12
ภาพที่ 2.7 เซคเตอร์ 12
ภาพที่ 2.8 เซลล์ 13
ภาพที่ 2.9 เหตุการณ์แฮนด์โอเวอร์ 15
ภาพที่ 2.10 ขั้นตอนการแฮนด์โอเวอร์ 16
ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างการแฮนด์โอเวอร์ไประหว่างคู่เซลล์ที่เป็นเนเบอร์กัน 17
ภาพที่ 2.12 ปัญหาที่เกิดจากการที่เจอมอดพีซีไอซ้ำกัน เกิดสัญญาณรบกวนจนสัญญาณคุณภาพต่ำ 18
ภาพที่ 2.13 ปัญหาที่เกิดจากการที่เจอีซีไอซ้ำกันแล้วไม่สามารถตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์ 18
ภาพที่ 2.14 ภาพการวางแผนจัดการเลขพีซีไอ 19
ภาพที่ 2.15 ปัญญาที่เกิดขึ้นจากการที่ชนิดกลุ่มพีซีไอซ้ำกัน 20
ภาพที่ 3.1 สัญญาณโอเอฟดีเอ็มในแกนเวลา 23
ภาพที่ 3.2 ตัวอย่างของคลื่นที่มีค่าพีเอพีอาร์สูงและต่ำ 24
ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างไอเอสไอ 25
ภาพที่ 3.4 เรดิโอเฟรม 26
ภาพที่ 3.5 นอร์มอลไซคลิกพรีฟิกซ์และเอ็กเทนด์ไซคลิกพรีฟิกซ์ 27
ภาพที่ 3.6 แอลทีอีเรดิโอเฟรมและรีซอร์สบล็อก 28
ภาพที่ 3.7 การวัดคุณภาพอาร์เอสอาร์พี 29
ภาพที่ 3.8 การวัดคุณภาพอาร์เอสอาร์คิว 30
ภาพที่ 3.9 การวัดคุณภาพอาร์เอสเอสไอ 30
ภาพที่ 3.10 การตรวจสอบค่าอาร์เอสเอสไอ 31
ภาพที่ 3.11 สูตรเอสไอเอ็นอาร์ 31
ภาพที่ 3.12 เปรียบเทียบการวัดค่าคุณภาพสัญญาณทั้งสาม 32
ภาพที่ 3.13 ตารางค่าซีคิวไอ 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.14 กราฟเทียบบีแอลอีอาร์และเอสเอ็นอาร์.....33
ภาพที่ 3.15 ตัวอย่างดาวน์ลิ้งทรูพุตของแต่ละประเทศ.....34
ภาพที่ 3.16 การเปรียบเทียบไทม์มิ่งแอดวานซ์กับระยะทาง.....35
ภาพที่ 3.17 ตัวอย่างค่าไทม์มิ่งแอดวานซ์แต่ละอินเด็กซ์.....35
ภาพที่ 3.18 โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล.....36
ภาพที่ 3.19 โปรแกรมยู2000.....36
ภาพที่ 3.20 โปรแกรมแมพอินโฟโปรเฟสชั่นแนล.....37
ภาพที่ 3.21 โปรแกมกูเกิ้ลเอิร์ท.....37
ภาพที่ 3.22 ข้อมูลจากฐานข้อมูล.....42
ภาพที่ 3.23 อินเทอร์เฟซโปรแกรม.....44
ภาพที่ 3.24 การเลือกไฟล์ข้อมูล.....45
ภาพที่ 3.25 ข้อมูลที่นำมาประมวลผล.....45
ภาพที่ 3.26 การนำข้อมูลมาประมวลผล.....46
ภาพที่ 3.27 การแสดงคู่เซลล์ที่มีปัญหา PCI ซ้ำกัน.....47
ภาพที่ 3.28 การแสดงคู่เซลล์ที่มีปัญหา MOD PCI ซ้ำกัน.....47
ภาพที่ 3.29 ตัวอย่างโค้ดหลังจากจัดระเบียบแล้ว.....48
ภาพที่ 4.1 บริเวณไซต์ SKA0358.....49
ภาพที่ 4.2 จุดที่เสาสัญญาณติดตั้งอยู่ของ SKA0358.....50
ภาพที่ 4.3 บริเวณไซต์ SKA0353.....51
ภาพที่ 4.4 จุดที่เสาสัญญาณติดตั้งอยู่ของ SKA0353.....51
ภาพที่ 4.5 ตำแหน่งระหว่าง SKA0353 กับ SKA0358.....52
ภาพที่ 4.6 ตารางการวัดไทม์มิ่งแอดวานซ์อินเด็กซ์.....53
ภาพที่ 4.7 เทียบระยะทางระหว่างสองไซต์.....54
ภาพที่ 4.8 KPI จาก SKA0353.....55
ภาพที่ 4.9 KPI จาก SKA0358.....56
ภาพที่ 4.10 KPI จาก SKA0110.....57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 1.1 ขอบเขตการทำงาน....2
ตารางที่ 2.1 ย่านความถี่ของ LTE แบบ FDD....7
ตารางที่ 2.2 ย่านความถี่ของ LTE แบบ TDD....8
ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างผลลัพธ์จากโปรแกรม....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันสื่ออิเลคโทรนิค อินเทอร์เน็ต รวมถึงโทรศัพท์เริ่มเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนเรามากขึ้นเรื่อยๆและอย่างต่อเนื่อง และไม่ใช่เพียงแค่ผู้ใหญ่หรือวัยรุ่นเท่านั้นที่ใช้งานอินเทอร์เน็ต แต่รวมไปถึงทุกเพศ ทุกวัยที่สามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้ กล่าวได้ว่าอินเตอร์เน็ตและโทรศัพท์มือถือกลายเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างความสะดวกสบายให้แก่มนุษย์ เนื่องจากโทรศัพท์มือถือช่วยประหยัดเวลาและเชื่อมโยงระหว่างกิจกรรมต่างๆอย่างรวดเร็ว เป็นเครื่องมือที่ดี ไม่ว่าจะสำหรับการทำธุรกิจ การใช้ในกรณีฉุกเฉินและจำเป็น หรือการสื่อสารประชาสัมพันธ์ก็ตาม ซึ่งล้วนแต่เป็นสิ่งที่มนุษย์ต้องใช้ประโยชน์จากมันอย่างมาก ระบบการเชื่อมต่อจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้กิจกรรมต่างๆสามารถดำเนินการได้อย่างราบรื่น แต่หากการสื่อสารนั้นเกิดความขัดข้องหรือล่าช้า ย่อมอาจก่อให้เกิดผลเสียหลายๆอย่างตามมาได้

ดังนั้นการใช้งานโทรศัพท์หรืออินเทอร์เน็ตจึงได้กลายมาเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งของมนุษย์ในยุคนี้เพราะการสื่อสารที่รวดเร็วและเสถียรเป็นสิ่งที่คนเหล่านี้ต้องการ บริษัทที่ดูแลและให้บริการทางด้านการสื่อสารโทรคมนาคมอย่างดีแทคซึ่งมีบริษัทหัวเหว่ยคอยสนับสนุนอยู่ ซึ่งในอนาคตเมื่อจบการศึกษาเข้าทำงานในหน่วยงานหนึ่ง กระผมจะสามารถปรับตัวเข้าทำงานร่วมกับเพื่อนร่วมงาน ทั้งในด้านความรู้ ความสามารถ คุณธรรม จริยธรรม สามารถวางแผนการทำงานลำดับของการทำงานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงการที่ได้รับมอบหมายและในส่วนที่ต้องรับผิดชอบและทำงานสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ของงานภายในระยะเวลาที่กำหนด และสามารถจัดทำเอกสารเสนอโครงงานในที่ประชุมต่างๆได้อย่างถูกต้อง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

บริษัทหัวเหว่ย เทคโนโลยี ประเทศไทย จำกัด เป็นบริษัทที่ทำงานทางด้านโทรคมนาคม ในแผนก RF OSS Engineer ซึ่งมีหน้าที่ดูแลคุณภาพของสัญญาณโทรศัพท์โดยการประเมินจากค่าสถิติต่างๆ โดยค่าสถิตินั้นจะเรียกว่าค่า KPI เมื่อเสาสัญญาณมีปัญหาเกิดขึ้น ค่า KPI นั้นก็จะเกิดความเปลี่ยนแปลง เช่น ความสำเร็จในการโทรลดลง การโทรหลุดเพิ่มขึ้น ความสำเร็จในการเข้าใช้งานอินเทอร์เน็ตลดลง ใช้งานอินเทอร์เน็ตหลุดบ่อยขึ้น เมื่อค่าเหล่านี้เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากเกิดปัญหา ก็จะมาดูว่าเกิดจากอะไร ซึ่งปัญหาจะเป็นที่ PCI เกิดการชนกันระหว่างเซลล์ใกล้ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ PCI เกิดการชนกันแล้วเป็นปัญหาอย่างไร ที่ผู้ใช้สามารถคุยโทรศัพท์อยู่ได้ตลอดในขณะที่นั่งรถไปเรื่อยๆนั้น เกิดจากมีการ แฮนด์โอเวอร์ อยู่ตลอดเมื่อสัญญาณจากเซลล์ๆ นั้นมีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน ก็จำเป็นที่จะต้องส่งการสื่อสารนั้นไปให้เซลล์ที่อยู่ใกล้เคียงและมีสัญญาณที่ดีกว่า แต่เนื่องจากทุกเซลล์มี ID เป็นของตัวเอง โดยใช้ชื่อว่า PCI หรือ Physical cell ID เพราะฉะนั้นมือถือจะต้องทำการตรวจ PCI ก่อนว่าใกล้เคียงมี PCI ไหนบ้างและเลือกที่จะ แฮนด์โอเวอร์ ไปที่ PCI ไหน แต่ถ้า PCI ซ้ำกันมือถือก็จะไม่สารถตัดสินใจได้ การเชื่อมต่อก็จะหลุดในที่สุด โปรแกรมสามารถตรวจสอบปัญหานี้ได้

1.3 ขอบเขต

สถานที่ : บริษัท โทเทิ่ล แอ็กเซส คอมมูนิเคชั่น ตึกจามจุรีย์สแควร์

ระยะเวลา : ใช้เวลาทั้งสิ้น ประมาณ 4 เดือน โดยเสนอเป็นตารางดังนี้

ตารางที่1. 1 ขอบเขตการทำงาน

ลำดับ	ภาระงานที่ต้องดำเนินการ	จำนวนวัน	ผู้ที่เกี่ยวข้อง
1	ศึกษาโปรแกรมที่ได้รับต่อจากพี่	14	นายชัยวัฒน์ วิสุทธิ์เมธางกูร
2	เขียนโปรแกรมต่อจากเดิมให้เรียบร้อย	14	นายชัยวัฒน์ วิสุทธิ์เมธางกูร
3	เพิ่มส่วนในการเชคPCI	30	นายชัยวัฒน์ วิสุทธิ์เมธางกูร
4	เพิ่มส่วนในการเชคMOD	15	นายชัยวัฒน์ วิสุทธิ์เมธางกูร
5	เรียบเรียงให้ใช้งานง่าย	7	นายชัยวัฒน์ วิสุทธิ์เมธางกูร

1.4 วิธีการดำเนินการ

- ศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของระบบ LTE (Long Term Evolution)
- เรียนรู้การทำงาน การดึงข้อมูลต่างๆเพื่อนำมาวิเคราะห์
- ดูตัวแปรต่างๆที่จำเป็นต่อการประเมินคุณภาพของ LTE
- นำข้อมูลที่ต้องวิเคราะห์มาเตรียมให้พร้อม เรียงไฟล์ให้เป็นระเบียบ
- เขียนโปรแกรมด้วยภาษา VBA ให้ดึงข้อมูลจากไฟล์มาและคำนวนผลลัพท์ออกมา
- ปรับปรุงโปรแกรมจนไม่เกิดปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จัดทำหน้าตาของโปรแกรมให้ผู้ใช้งานเข้าใจและใช้งานได้ง่าย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถตรวจสอบข้อผิดพลาดในการตั้ง PCI ซ้ำกันได้ก่อนที่จะเกิดปัญหา ก่อนที่จะมีโปรแกรมนี้ต้องรอให้ลูกค้าแจ้งมาถึงจะไปแก้ไข โปรแกรมนี้จึงสามารถป้องกันไว้ได้

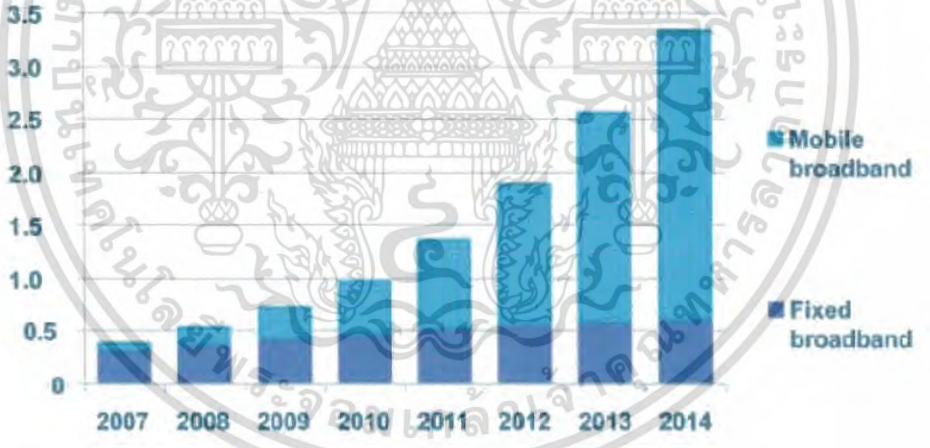
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของLTE

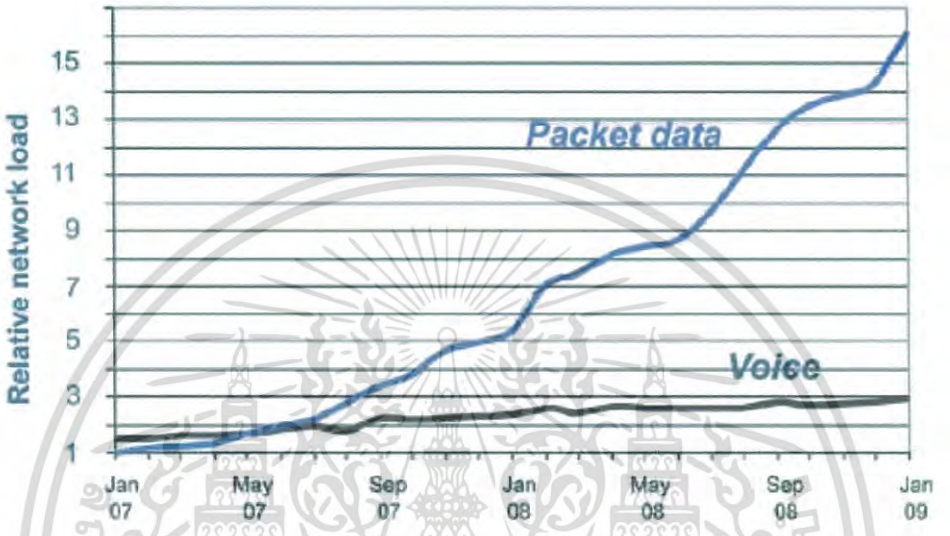
แอลทีอี (LTE) ย่อมาจากคำว่า Long Term Evolution ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ถูกนำมาใช้ในยุค 4G โดย LTE นั้นจะมีความเร็วในการส่งข้อมูลมากกว่ายุค 3G ถึง 10 เท่า โดยมีความเร็วอย่างน้อย 100Mbps และสูงสุดอยู่ที่ 1Gbps ที่เทคโนโลยีต่างๆนั้นเพิ่มความเร็วให้มากขึ้น ก็เป็นเพราะว่าจำนวนผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตทางไกล หรือที่เรียกว่า Mobile broadband นั้นมีเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วในทุกๆปี ซึ่งต่างกับจำนวนผู้ใช้อินเทอร์เน็ตบ้านที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้นทีละเล็กน้อยเท่านั้น จากภาพที่ 2.1 ในปี 2014 มีผู้ใช้ Mobile broadband จำนวนมากถึง 3.4 พันล้านราย ผู้ใช้ที่มีจำนวนมากขึ้นก็ต้องการความเร็วที่มากขึ้น ผู้ให้บริการก็ต้องปรับเทคโนโลยีตามความต้องการของผู้ใช้บริการให้ทัน [1]



ภาพที่ 2.1 การเติบโตของตลาดสื่อสารแบบบรอดแบรนด์ ในปี 2007 – 2014 [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 2.2 ในปัจจุบันพบว่าการสื่อสารข้อมูลในรูปของแอพพลิเคชั่นที่เกิดการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เริ่มมีปริมาณที่มากกว่าข้อมูลที่เกิดจากการสนทนา เป็นเพราะความสามารถในการเชื่อมต่อที่นอกจากการส่งเพียงตัวอักษรแล้ว ยังรวมถึงภาพ เสียงและวิดีโอ ซึ่งนั้นทำให้การใช้งานอินเทอร์เน็ตคลอบคลุมไปถึงการสนทนาและผู้ใช้หันมาใช้งานอินเทอร์เน็ตกันมากขึ้น



ภาพที่ 2.2 การเติบโตของปริมาณข้อมูลของโทรศัพท์มือถือระหว่างข้อมูลและเสียง [3]

วัตถุประสงค์หลักของการพัฒนามาตรฐาน LTE เพื่อตอบสนองความต้องการดังต่อไปนี้

- ลดต้นทุนในการสร้างเครือข่าย
- เพิ่มขีดความสามารถในการรองรับบริการใหม่ๆ เช่น Interactive, TV , Mobile Video , Online Gaming
- สามารถใช้งานกับย่านความถี่วิทยุที่ผู้ให้บริการเครือข่ายมีอยู่เดิมได้
- มีมาตรฐานโครงสร้างระบบที่เรียบง่ายไม่ซับซ้อน เพื่อลดเวลาในการรับส่งข้อมูล
- มีกลไลการทำงานที่ช่วยให้เครื่องลูกข่ายกินไฟน้อยลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานสำหรับเทคโนโลยี LTE

- ในการสื่อสารทิศทางขาลงหรือ Downlink ต้องมีความเร็วไม่ต่ำกว่า 100 mbps
- เวลาหน่วง หรือ Round-trip ที่เกิดจากการรับส่งข้อมูล มีค่าต่ำกว่า 10 ms
- รองรับการใช้งานกับคลื่นความถี่วิทยุหลายด้าน
- รองรับการสื่อสารทั้งแบบ FFD (Frequency Division Duplexing) ซึ่งมีการกำหนดช่องความถี่ของทิศทางขาลง (Downlink) ทิศทางขาขึ้น (Uplink) และ TDD (Time Division Duplexing) ซึ่งมีการแบ่งเวลาในการส่งของขาขึ้น (Downlink) และขาลง (Uplink)
- มีเครื่องลูกข่ายและอุปกรณ์สื่อสารที่หลากหลาย คอมพิวเตอร์ โน๊ตบุ๊ค กล้องถ่ายรูป โทรศัพท์สมาร์ทโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ย่านความถี่ของ LTE แบบ FDD

ย่านความถี่	ช่วงความถี่ (เมกะเฮิรต์ซ)
1	1920-1980 / 2110-2170
2	1850-1910 / 1930-1990
3	1710-1785 / 1805-1880
4	1710-1755 / 2110-2155
5	824-849 / 869-894
6	830-840 / 875-885
7	2550-2570 / 2620-2690
8	880-915 / 925-960
9	1750-1785 / 1845-1880
10	1710-1770 / 2110-2170
11	1428-1453 / 1476-1501
12	698-716 / 728-746
13	777-787 / 746-756
14	788-798 / 758-768
17	704-716 / 734-746

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ย่านความถี่ของ LTE แบบ TDD

ย่านความถี่	ช่วงความถี่ (เมกะเฮิรต์ซ)
33, 34	1900 – 1920 2010 – 2025
35, 36	1850 – 1910 1930 – 1990
37	1910 – 1930
38	2570 – 2620
39	1880 – 1920
40	2300 – 2400

2.2 สถาปัตยกรรมเครือข่าย LTE

มาตรฐาน LTE ได้รับการออกแบบให้มีการเชื่อมต่อที่เรียบง่าย ไม่ซับซ้อน เพื่อลดปัญหาข้อมูลหน่วงภายในเครือข่ายระหว่างการสื่อสาร อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนในการสร้างและบริหารจัดการเครือข่ายของผู้ให้บริการ และยังเป็นการจัดวางสถาปัตยกรรมเครือข่ายเพื่อให้สนับสนุนการให้บริการแอพพลิเคชั่นที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้อย่างเต็มรูปแบบ

โครงสร้างของสถาปัตยกรรมเครือข่าย LTE ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักเพียง 3 อุปกรณ์

- สถานีฐาน LTE (eNodeB)
- SAE Gateway
- Mobility Management Entity (MME)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานีฐาน (eNodeB)

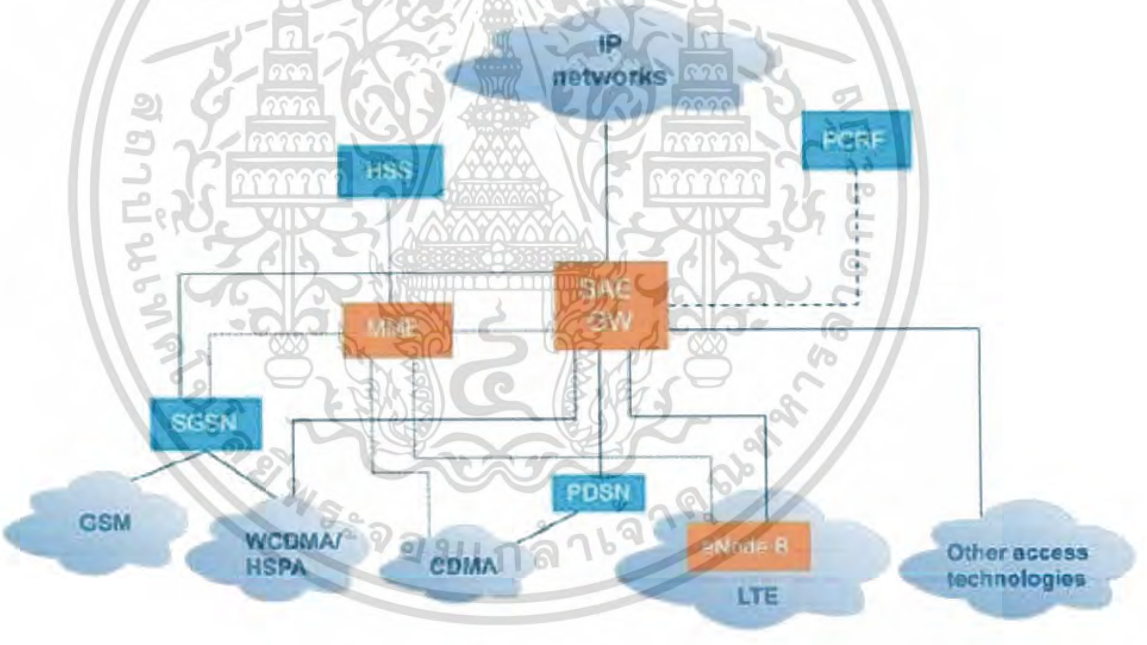
สถานีฐานเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพื่อปล่อยสัญญาณเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่บริการ

SAE Gateway

SAE Gateway เป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อระหว่างทุกๆระบบเข้าด้วยกัน เปรียบเสมือนเป็นตัวกลาง

Mobility Management Entity (MME)

MME เป็นอุปกรณ์ที่รวบรวมการให้บริการระบบเก่า เช่น GSM, WCDMA, HSPA, CDMA สามารถบริการร่วมกับระบบ LTE ไปพร้อมกันได้ โดย MME จะทำหน้าที่บริหารจัดการสัญญาณควบคุมที่ใช้ตรวจสอบตำแหน่งและปรับตำแหน่งที่อยู่ของผู้ใช้บริการ ทั้งลูกข่ายระบบ LTE และระบบอื่นๆ



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างสถาปัตยกรรมตามมาตรฐาน LTE-SAE [4]

นอกจากนั้นสถาปัตยกรรมร่วม LTE-SAE ยังได้รับการออกแบบให้มีความสามารถในการที่จะดูแลบริหารจัดการทรัพยากรของเครือข่ายเพื่อให้เหมาะสมกับรูปแบบในการให้บริการหรือการสื่อสารข้อมูลใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบต่างๆ ส่งผลให้การใช้งานทรัพยากรของเครือข่ายทั้งการสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุและการเชื่อมต่อภายในเครือข่าย IP เป็นไปตามพฤติกรรมการสื่อสารข้อมูลภายในเครือข่ายในขณะนั้นมากที่สุด

ในการสื่อสารทางด้านทิศขาลง (Downlink) ระหว่างสถานีฐานกับเครื่องลูกข่าย LTE ได้มีการใช้เทคโนโลยีในแบบ OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) ซึ่งช่วยให้สามารถบริการจัดการทรัพยากรความถี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด เป็นเทคนิคที่ทำให้ความเร็วในการสื่อสารมีมากที่สุดโดยใช้ต้นทันต่ำที่สุด

เทคโนโลยี OFDM เป็นมาตรฐานสากลที่ได้รับการพิสูจน์ถึงประสิทธิภาพของมัน และได้มีการนำไปใช้ในงานมาตรฐานสื่อสาร Wireless LAN, Digatal Video Broadcast, Digatal Audio Broadcast

ในการสื่อสารทางด้านทิศขาขึ้น (Uplink) จะใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) ซึ่งถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อทดแทนการสื่อสารแบบ OFDM ตามปกติ เพราะ OFDMแบบปกตินั้นต้องการเครื่องส่งวิทยุที่มีกำลังสูง เกิดปัญหาการกินไฟ จึงไม่เหมาะที่จะใช้กับอุปกรณ์การสื่อสารที่มีขนาดเล็ก เทคโนโลยี SC-FDMA มีกลไลการจัดสรรช่องสัญญาณวิทยุที่ลดค่ากำลังส่งนอกจากจะเป็นการช่วยประหยัดพลังงานแล้ว ยังช่วยลดระดับพลังงานที่เกิดจากการส่งสัญญาณจากเครื่องลูกข่ายจำนวนมากที่ถูกใช้อยู่ภายในเครือข่าย ทำให้ระดับสัญญาณรบกวนน้อยลง เป็นการช่วยขยายพื้นที่ให้บริการของเครือข่าย LTE ได้อีกประการหนึ่ง

2.3 ความพร้อมของเครื่องลูกข่าย LTE

การวัดความสำเร็จของมาตรฐานการสื่อสารไร้สายล้วนดูจากความพร้อมและแนวโน้มในการขยายตัวของจำนวนและประเภทเครื่องลูกข่ายเป็นสำคัญ เมื่อเทคโนโลยี LTE มีความพร้อมทีจะให้บริการในเชิงพาณิชย์ จะทำให้เครื่องลูกข่ายที่สนับสนุนการให้บริการเชื่อมต่อไร้สายน่าจะมีส่วนแบ่งทางการตลาดอยู่ในระดับสูง บริษัท Informa ได้คาดการว่าภายในปี 2013 จะมีการจำหน่ายเครื่องลูกข่ายและอุปกรณ์สื่อสารไร้สายที่ใช้งานร่วมกับระบบ WCDMA และระบบ HSPA มากถึง 900 ล้านเครื่อง จากที่กล่างมาสามารถนำไปใช้ประเมินความต้องการของผู้บริโภคต่ออินเทอร์เน็ตไร้สาย นอกจากนี้อุปกรณ์อื่นๆ เช่น คอมพิวเตอร์ โน๊ตบุ้ค เครื่องเล่มเกม แม้กระทั่งกล้องถ่ายรูปดิจิตอล ก็กำลังมีการติดตั้งเครื่องรับส่งวิทยุผ่านเครือข่าย 3G กันมากขึ้น

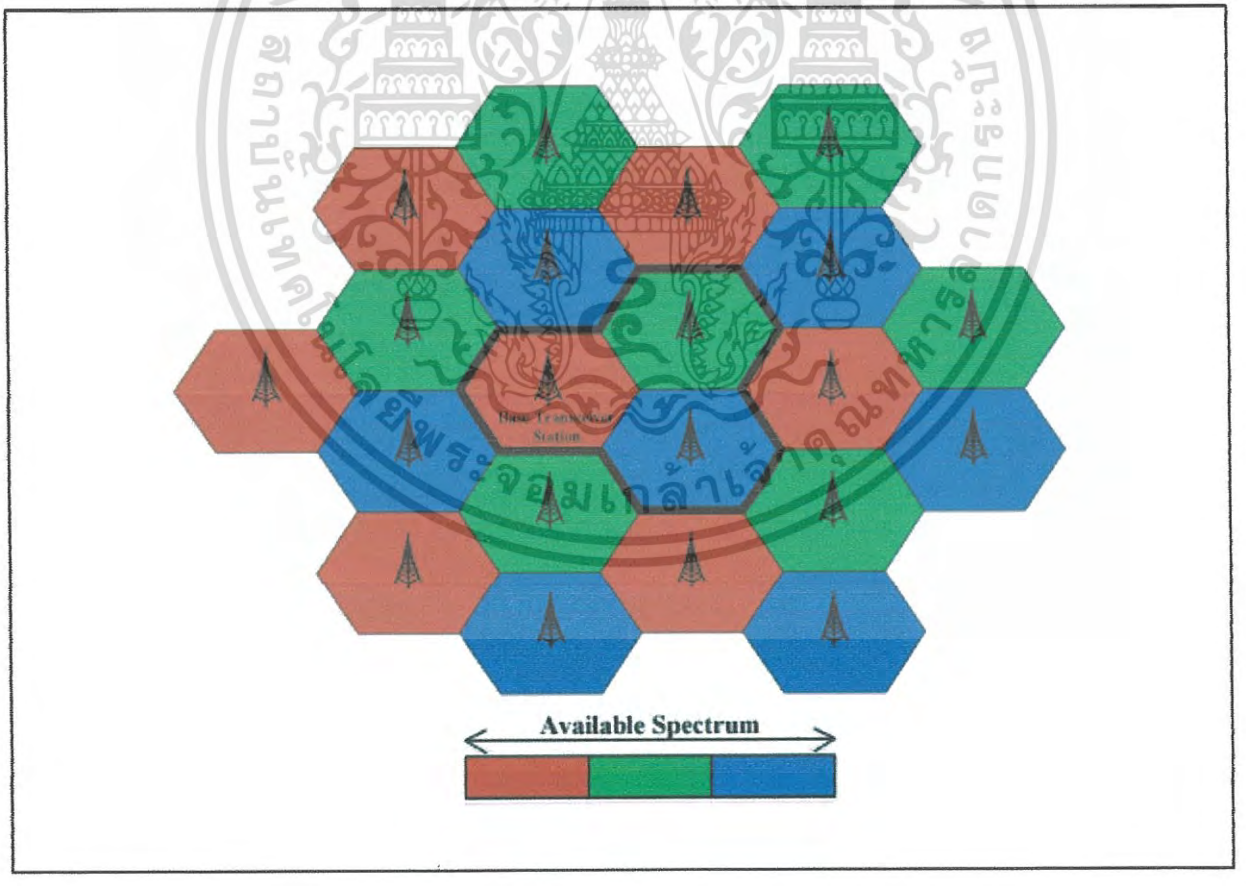
ปริมาณความต้องการและแรงผลักดันทางการตลาดเหล่านี้เองที่สามารถยืนยันได้ถึงความพร้อมทางด้านพัฒนาการของเครื่องลูกข่ายที่มีความหลากหลาย ที่พร้อมจะได้รับการเพิ่มขีดความสามารถในการเชื่อมต่อกับเครือข่าย LTE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.4 เครื่องลูกข่าย LTE [2]

2.4 โครงสร้างของระบบเสาสัญญาณ

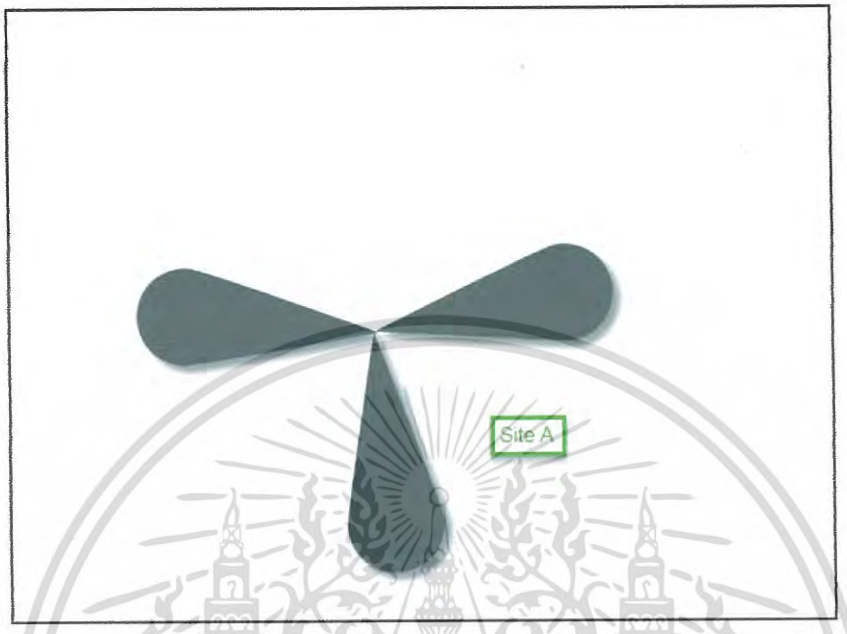
2.4.1 คลัสเตอร์ (Cluster) คือ กลุ่มของไซต์จำนวนหลายไซต์ จากภาพที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าแต่ละไซต์มีสีที่แตกต่างกัน เป็นเพราะแต่ละสีนั้นมีความถี่ที่ต่างกันเพื่อป้องการรบกวนกันเอง



ภาพที่ 2.5 คลัสเตอร์ [5]

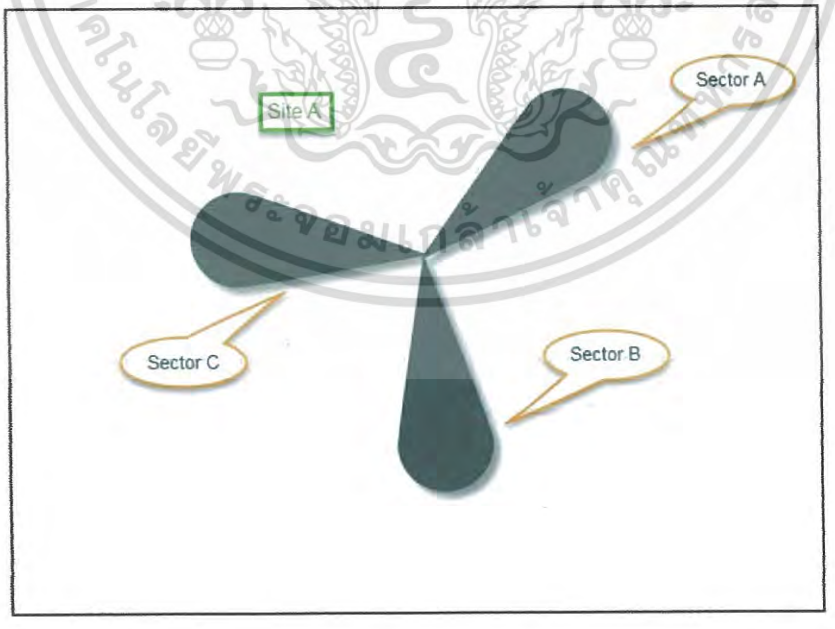
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ไซต์ (Site) คือ เสาสัญญาณ โดยจะมีทิศทางในการปล่อยสัญญาณตามใบพัดตามภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 ไซต์

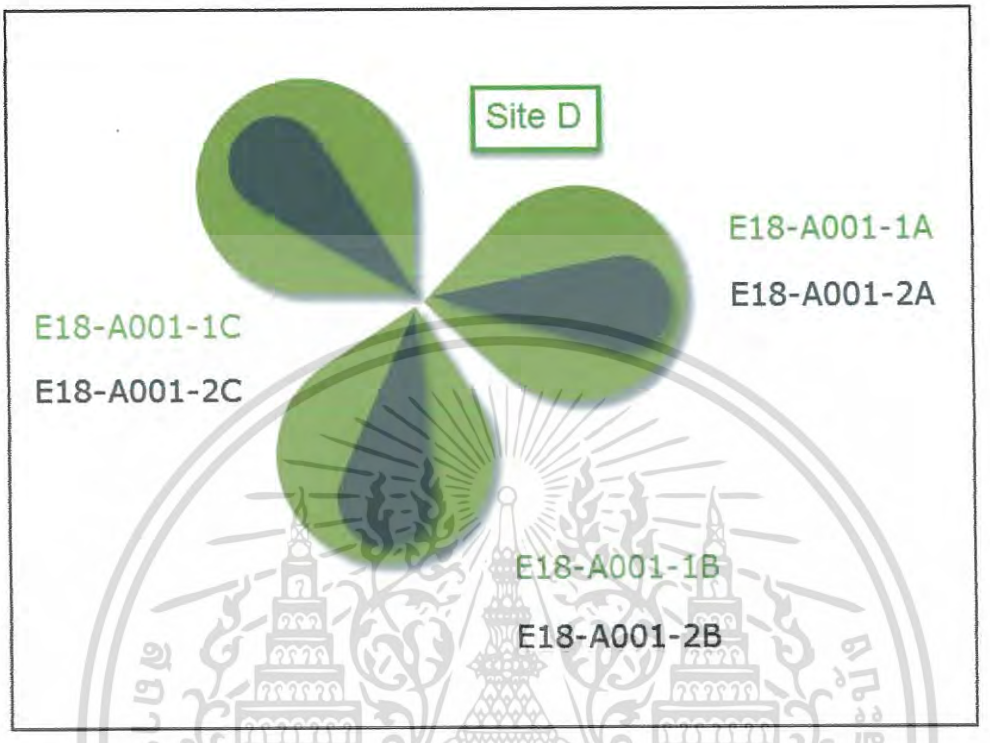
2.4.3 เซคเตอร์ (Sector) คือ ชื่อที่ใช้กำหนดสัญญาณที่ถูกส่งออกไป โดยจะใช้สัญญาณที่อยู่ใกล้ทิศเหนือมากที่สุดเป็น Sector A และ B C D... ไล่ไปตามเข็มนาฬิกาตามภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2. 7 เซคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 เซลล์ (Cell) คือ เซคเตอร์ที่แบ่งช่วงความถี่ของสัญญาณ โดยจะมีความถี่ 1,2 จาก ภาพที่ 2.8 จะเห็นได้ว่าชื่อของไซต์นั้นจะมีเลข 1,2 กำกับแต่ละเซคเตอร์ไว้เพื่อให้รู้ว่าความถี่อะไรนั้นเอง



ภาพที่ 2. 8 เซลล์

2.5 โหมดการทำงานของอุปกรณ์เครื่องลูกข่าย (UE Mode)

มือถือในทางโทรคมนาคมจะถูกเรียกว่า "UE" หรือ USER EQUIPMENT สถานะของ UE จะมีด้วยกันสองอย่าคือ 1. Idle mode 2. connected mode

1. Idle คือการที่ UE ไม่ได้เชื่อมต่ออยู่ในระบบแต่ระบบสามารถตรวจหาตำแหน่งของ UE เพื่อให้ระบบเตรียมพร้อมที่จะสร้างการเชื่อมต่อกับUEเสมอ

2. Connected คือการที่ UE เชื่อมต่ออยู่กับระบบและมีการใช้งานหรือส่งรับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 แฮนด์โอเวอร์ (Handover)

เมื่อกล่าวถึงระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์ (Cellular Telephone System) การเชื่อมโยงระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นแบบไร้สาย ในส่วนของโครงข่ายที่เชื่อมโยงสัญญาณกับโทรศัพท์เคลื่อนที่เรียกว่า สถานีฐาน จะต้องมีการกระจายให้ทั่วบริเวณพื้นที่ให้บริการ โดยจะแบ่งเป็นพื้นที่ย่อย แต่ละพื้นที่ย่อยจะเรียกว่า เซลล์ เมื่อมีการเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แล้ว สัญญาณและข้อมูลก็จะถูกส่งผ่านชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Gateway)

ถ้าผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่มีการเคลื่อนไหวจากบริเวณเซลล์หนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่ง การเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับโครงข่ายจะต้องมีการเปลี่ยนจากสถานีฐานหนึ่งไปอีกสถานีฐานหนึ่งที่รับผิดชอบบริเวณพื้นที่ใหม่ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นเคลื่อนที่เข้าไป กระบวนการนี้เรียกว่า แฮนด์ออฟ (Handoff) หรือ แฮนด์โอเวอร์ ซึ่งมันจะทำให้การสนทนานั้นเกิดความต่อเนื่อง ไม่มีการขัดจังหวะในขณะที่พูด จะเกิดการแฮนด์โอเวอร์ขึ้นได้นั้นสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบคุณภาพของสัญญาณว่าอยู่ในระดับที่ต่ำกว่ากำหนดหรือไม่

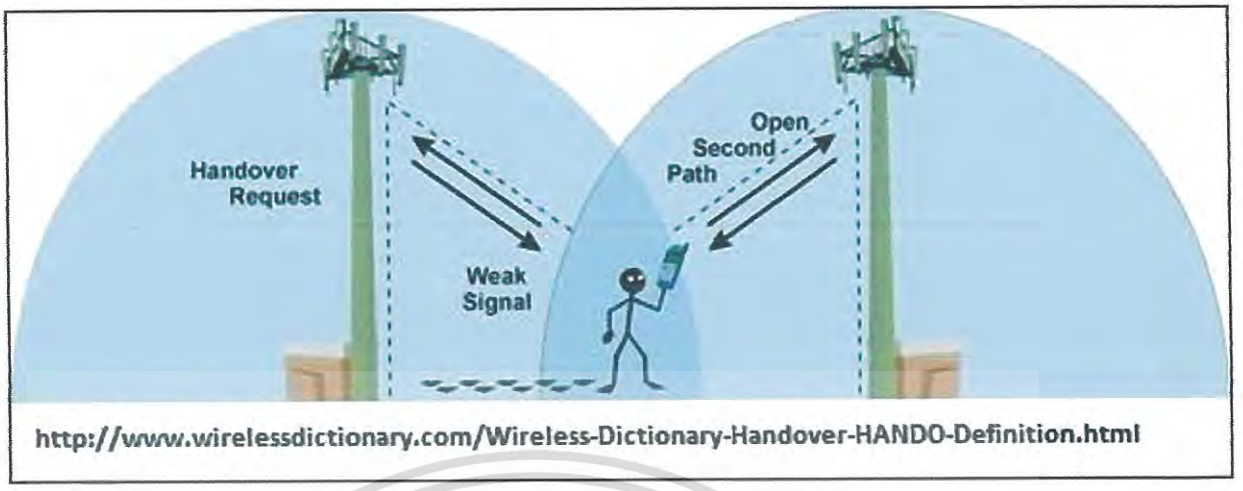
ขั้นตอนการแฮนด์โอเวอร์ซึ่งแบ่งออกเป็นสามขั้นตอน

1. Measurement คือ การวัดค่าคุณภาพต่างๆของ UE ที่สามารถรับได้จากบริเวณนั้น
2. Decision คือ ตัดสินใจว่าควรจะแฮนด์โอเวอร์หรือไม่แฮนด์โอเวอร์
3. Execution คือ ทำการแฮนด์โอเวอร์

ปัญหาในการ แฮนด์โอเวอร์ จะอยู่ในช่วงขั้นตอน Decision เพราะว่า เมื่อ UE ได้รับค่าจาก Measurement แล้วมีเซลล์ที่มี PCI เหมือนกัน UE จะไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าควร แฮนด์โอเวอร์ ไปทางไหน จึงตัดสินใจตัดการเชื่อมต่อลงในที่สุด

โดยการ แฮนด์โอเวอร์ นั้นจะเกิดขึ้นตอนที่กำลังใช้โทรศัพท์อยู่หรืออยู่ในโหมด connected แล้วเคลื่อนที่ออกไปไกลจากไซต์เดิมจนสัญญาณของไซต์เดิมเริ่มอ่อนลง UE จะต้องทำการตัดสินใจย้ายไปเชื่อมต่อกับเซลล์ที่ใหม่ โดยยึดจากรายชื่อ Neighbor หรือเซลล์ที่ UE สามารถย้ายไปได้เป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2. 9 เหตุการณ์แฮนด์โอเวอร์ [6]

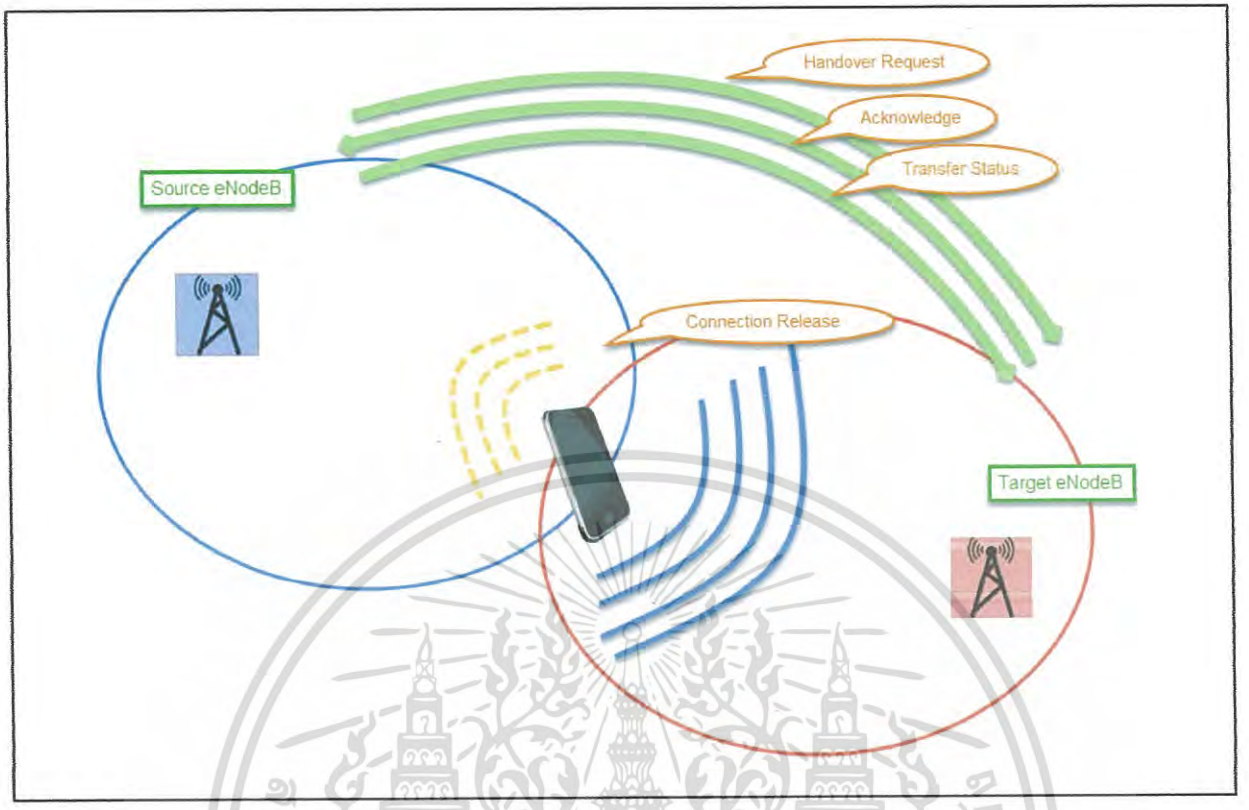
จากภาพที่ 2.9 จะเห็นได้ว่ามีคนกำลังใช้งานโทรศัพท์และกำลังเคลื่อนที่ออกจากเสาสัญญาณทางฝั่งซ้ายออกไปเรื่อยๆ จนคุณภาพสัญญาณต่ำลงกว่าที่กำหนด มือถือก็จะส่งสัญญาณไปบอกเสาสัญญาณทางด้านซ้ายว่าคุณภาพสัญญาณอยู่ในช่วงที่ต่ำกว่ากำหนดแล้ว เสาสัญญาณทางด้านซ้ายจะส่งสัญญาณขอร้องแฮนด์โอเวอร์ ไปหาเสาสัญญาณทางด้านขวา เพื่อให้เสาสัญญาณทางด้านขวาเปิดการเชื่อมต่อให้มือถือนั้นย้ายการเชื่อมต่อจากเสาสัญญาณทางด้านซ้าย ไปหาเสาสัญญาณทางด้านขวานั้นเอง

ประเภทของแฮนด์โอเวอร์

- Hard Handover คือ การย้ายการเชื่อมต่อจากเซลล์หนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่ง โดยการตัดการเชื่อมต่อจากเซลล์เดิมทิ้งไปก่อน แล้วค่อยติดต่อกับเซลล์ใหม่ ทำให้มีโอกาศที่จะเกิด Call drop สูง
- Soft Handover คือ การย้ายการเชื่อมต่อจากเซลล์หนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่ง โดยติดต่อกับเซลล์ที่จะย้ายก่อนที่จะตัดการเชื่อมต่อกับเซลล์เก่า โดยโทรศัพท์จะต้องมีการเชื่อมต่อกับเสาสัญญาณ 3 เสาสัญญาณอยู่ตลอด เพื่อที่จะให้เกิด Soft Handover ขึ้นได้
- Softer Handover คือ การย้ายการเชื่อมต่อจากเซคเตอร์หนึ่งไปยังอีกเซคเตอร์หนึ่งภายในเสาสัญญาณเดิม

การแฮนด์โอเวอร์ที่กล่าวในเล่มนี้เป็นแบบฮาร์ดแฮนด์โอเวอร์ ก็คือ UE มีการเชื่อมต่อกับเซลล์เพียงหนึ่งเซลล์ และเมื่อสัญญาณเริ่มอ่อนก็จะตัดการเชื่อมต่อเพื่อไปหาเซลล์ใหม่เลย ไม่เหมือนกับซอฟต์แฮนด์โอเวอร์ ที่จับหลายๆเซลล์พร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 ขั้นตอนการ Handover

จากภาพที่ 2.10 จะเห็นได้ว่า ความแรงของสัญญาณที่มือถือสามารถรับได้จากเสาสัญญาณต้นทาง หรือ Source eNodeB อยู่ในระดับที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ความแรงของสัญญาณที่ได้รับจากเสาสัญญาณปลายทาง หรือ Target eNodeB อยู่ในระดับที่สูงเกินมาตรฐาน มือถือจึงส่งสัญญาณไปบอก Source eNodeB ว่าการเชื่อมต่อกำลังแย่ลงแล้ว ทำให้ Source eNodeB ต้องส่งสัญญาณ Handover Request ไปหา Target eNodeB เพื่อให้ Target eNodeB ตอบรับการแฮนด์โอเวอร์ กลับมาด้วยสัญญาณ Acknowledge หลังจากนั้น Source eNodeB จะทำการส่งข้อมูลต่างๆที่มือถือเชื่อมต่ออยู่ เช่น รองรับระบบอะไรบ้าง ใช้งานBWอยู่เท่าไร เป็นต้น กลับมาที่ฝั่ง Target eNodeB จะต้องมาพิจารณาตัวเองว่าตัวเองนั้นพร้อมหรือไม่ ถ้าพร้อมการแฮนด์โอเวอร์ก็จะเกิดขึ้นทันที แต่ถ้าไม่พร้อมก็จะเริ่มทำการตรวจสอบความพร้อมของตัวเองใหม่จนกว่าจะได้ แต่ถ้าไม่พร้อมสักทีจนกระทั่งสัญญาณที่โทรศัพท์ติดต่อกับ Source eNodeB อ่อนลงจนไม่สามารถทำการเชื่อมต่ออีกต่อไปได้ การเชื่อมต่อก็จะถูกตัดลงเองในที่สุด

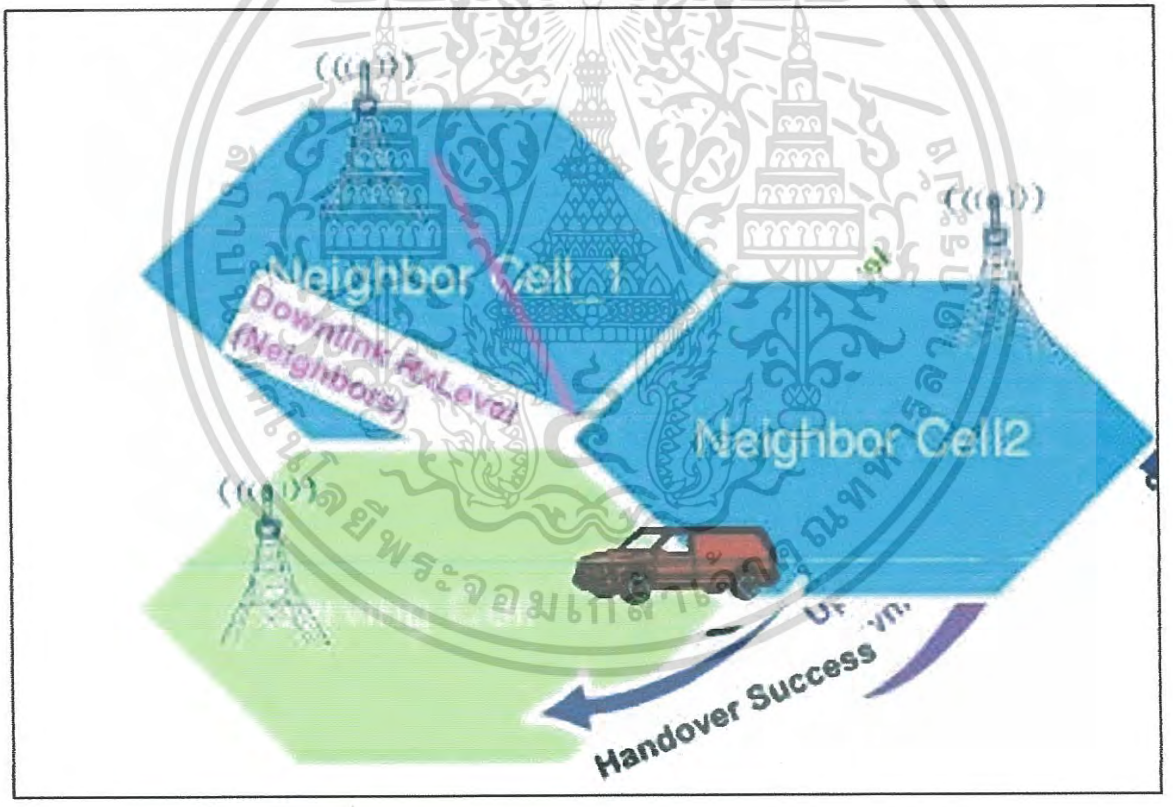
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.4 เนเบอร์ (Neighbor)

การแฮนด์โอเวอร์นั้นจะเกิดขึ้นไม่ได้เลยถ้าหากว่า Target eNodeB ไม่ได้เป็น Neighbor ของ Source eNodeB การที่จะได้เป็น Neighbor ได้นั้นจะต้องให้ผู้ดูแลระบบตั้งค่าให้ว่า เซลล์ไหนเป็น Neighbor กับเซลล์ไหน

ในขณะที่การแฮนด์โอเวอร์อยู่ในขั้นตอนที่ Target eNodeB ตัดสินใจว่าพร้อมหรือไม่พร้อม นั้นจะมีการตรวจสอบว่าตัวเองนั้นเป็น Neighbor กับ Source eNodeB หรือเปล่าถ้าไม่เป็นก็จะไม่เกิดการแฮนด์โอเวอร์ ดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างการแฮนด์โอเวอร์ไประหว่างคู่เซลล์ที่เป็นเนเบอร์กัน [7]

148575

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

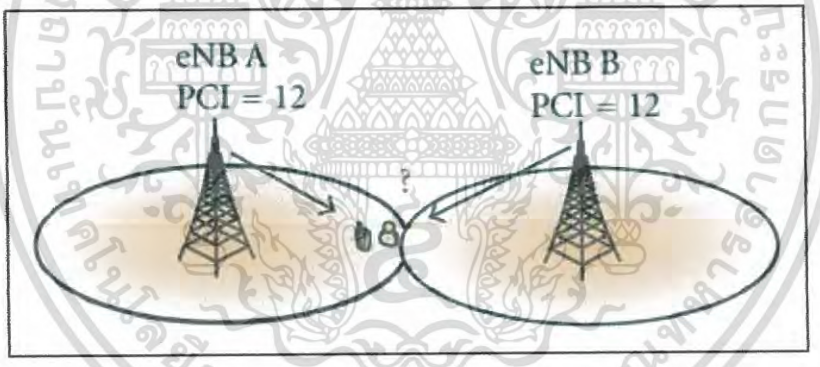
2.5 พีซีไอ (PCI Physical Cell ID)

PCI เป็นหนึ่งในตัวแปรที่ทำให้UEสามารถตัดสินใจย้ายการเชื่อมต่อไปเซลล์ใหม่ เพราะว่า PCI ก็คือIDที่ใช้ยืนยันตัวตนของแต่ละเซลล์นั้นเอง โดย PCI จะมีเลขตั้งแต่ 0 – 503 รวมแล้วเป็น 504 หมายเลข PCI

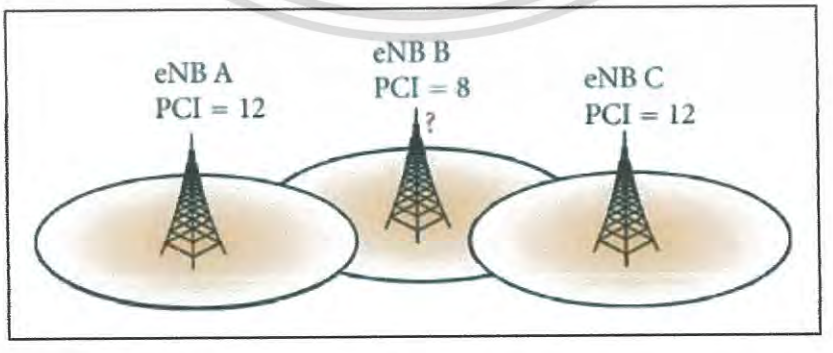
ในการวางแผนการตั้งค่า PCI หรือ PCI Planning นั้น แต่ละไซต์จะถูกจัดกลุ่มให้อยู่กันเป็น Cluster และแต่ละ Cluster ก็จะถูกมอบเลข PCI ที่จำกัดจำนวนหนึ่งให้ภายใน Cluster เดียวกัน และการนำเลข PCI ที่มีอยู่อย่างจำกัดมาให้เป็น PCI ของแต่ละเซคเตอร์นั้นมีหลักการอยู่สองหลักการด้วยกัน

- หมายเลข PCI ที่เป็น Neighbor กันจะต้องไม่มีเศษที่ได้จากการนำไปมอดกับ3ซ้ำกัน ดังภาพ 2.12
- หมายเลข PCI ที่เป็น Neighbor กันจะต้องไม่มีหมายเลขที่ซ้ำกัน ดังภาพ 2.13

ถ้าวางแผนจัดการตั้งค่าPCIได้อย่างดี การแฮนด์โอเวอร์ ก็จะมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น แต่ถ้าไปตั้งค่าPCI ของเซคเตอร์ที่อยู่ใกล้ๆกันซ้ำกัน ก็จะทำให้UEไม่สามารถตัดสินใจในการ แฮนด์โอเวอร์ได้ เพราะ UE จะเห็นว่ามีเซลล์เหมือนกันสองเซลล์แต่อยู่คนละทิศทางกัน เมื่อไม่สามารถตัดสินใจได้UEจะทำการตัดการเชื่อมต่อลงในที่สุด

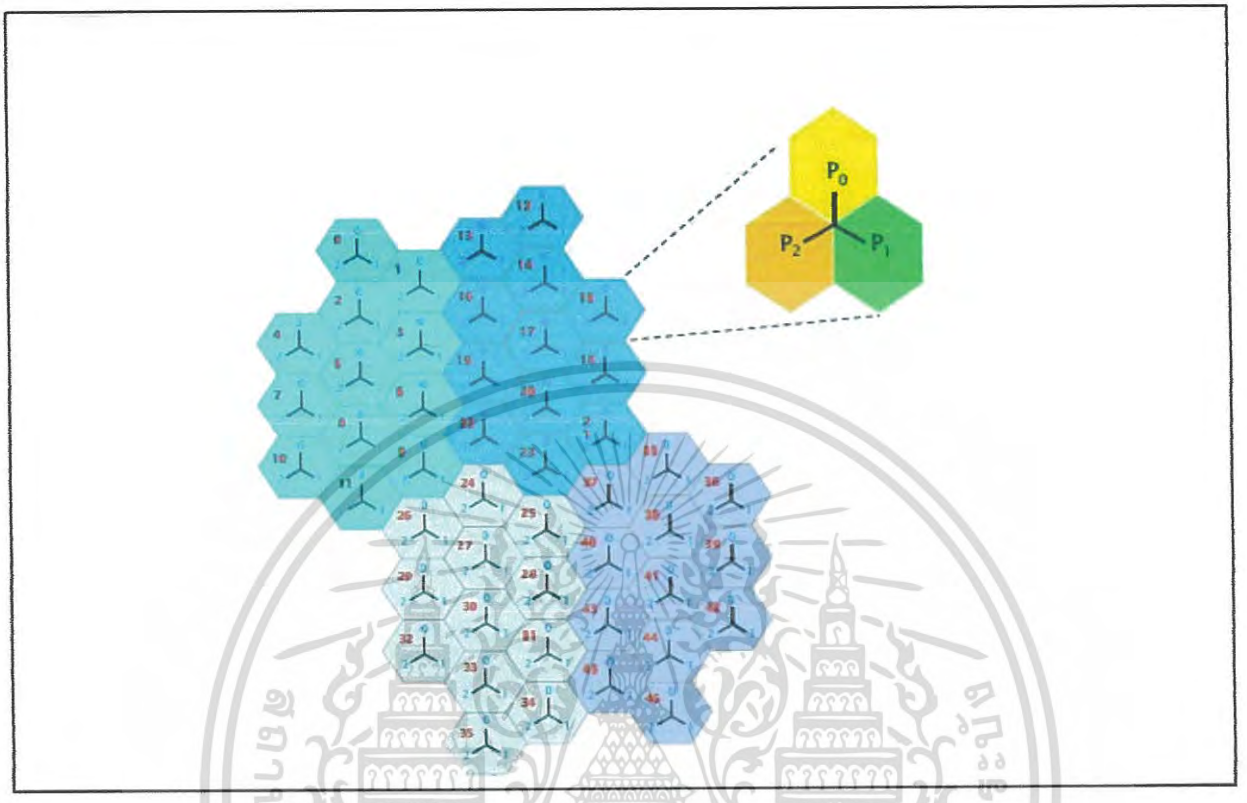


ภาพที่ 2.12 ปัญหาที่เกิดจากการที่เจอ MOD PCI ซ้ำกัน เกิดสัญญาณรบกวนจนสัญญาณคุณภาพต่ำ [8]



ภาพที่ 2.13 ปัญหาที่เกิดจากการที่เจอ PCI ซ้ำกันแล้วไม่สามารถตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์ได้ [8]

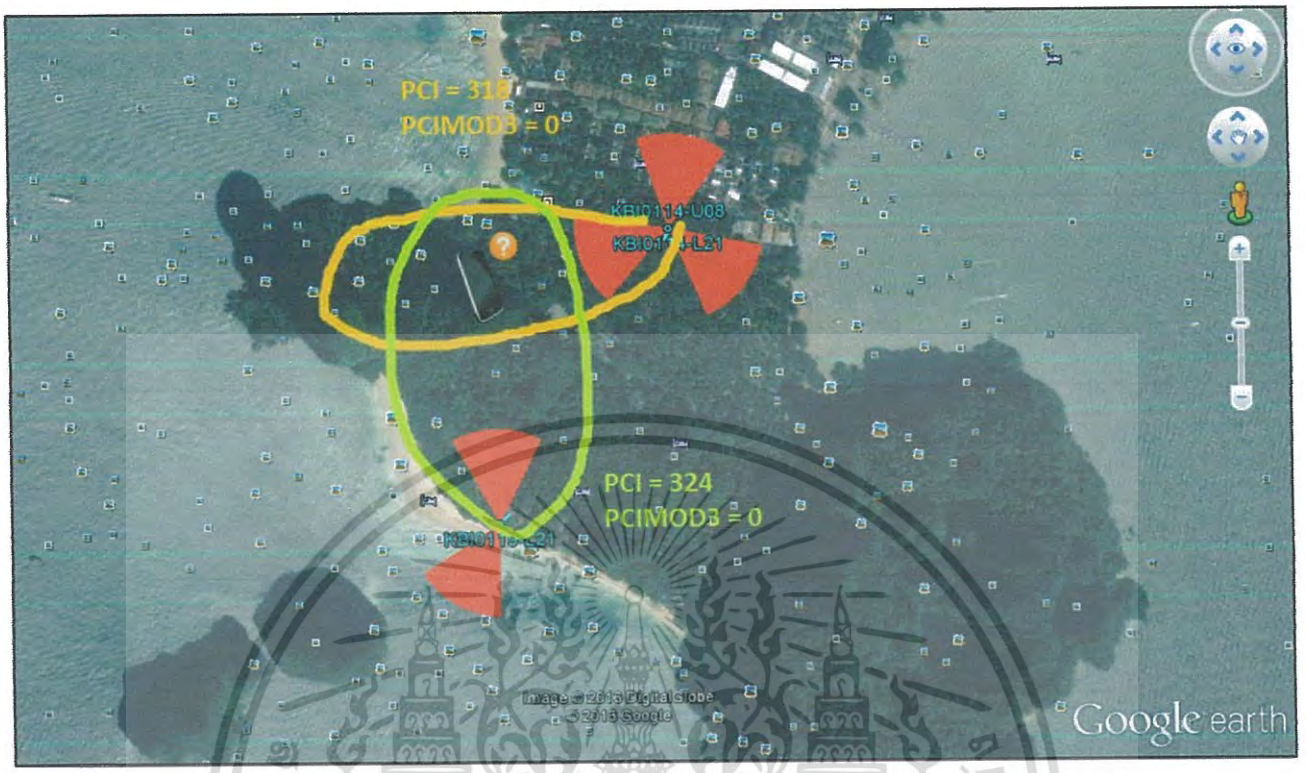
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.14 ภาพการวางแผนจัดการเลข PCI [9]

จากภาพที่ 2.14 จะเห็นได้ว่าแต่ละไซต์นั้นถูกแบ่งออกเป็นสีทั้งหมดสี่สี แสดงให้เห็นว่าแต่ละสีนั้นอยู่ใน Cluster เดียวกัน ในภาพจะเห็นว่าหนึ่งไซต์มีสามใบพัดเพราะฉะนั้น หนึ่งไซต์ก็ต้องมีทั้งหมด 3 PCI ซึ่งแต่ละ PCI ที่อยู่ในไซต์เดียวกันจะมีเศษที่เกิดจากการมอด3 ไม่เท่ากัน เช่น P1 เศษเท่ากับ 0, P2 เศษเท่ากับ 1, P3 เศษเท่ากับ 2 นอกจากเศษจะไม่ซ้ำกันเองภายในไซต์เดียวกันแล้ว ก็ต้องไม่ซ้ำกับ Neighbor ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2. 15 ปัญญาที่เกิดขึ้นจากการที่ชนิดกลุ่ม PCI ซ้ำกัน

จากภาพที่ 2.15 จะเห็นได้ว่า ไซต์ KBI0119-L21 เซคเตอร์ A มี PCI = 324 และ PCImod3 = 0 และ ไซต์ KBI0114-L21 เซคเตอร์ C มี PCI = 318 และ PCImod3 = 0 ต่อให้ PCIไม่ซ้ำกันก็จริง แต่ Mod3 ซ้ำกันอยู่ ก็ทำให้เกิดการรบกวนกันจนสัญญาณบริเวณนั้นมีคุณภาพต่ำ มือถือก็ไม่สามารถจับสัญญาณได้ในที่สุด

ปัญหาที่เกิดจากการซ้ำกันของPCI

- **PCI ซ้ำกัน** จะทำให้การแฮนด์โอเวอร์ในขั้นตอน Decision นั้นตัดสินใจไม่ถูกว่าจะไปทางไหนดีเพราะทั้งสองเซลล์ที่เป็นตัวเลือกให้แฮนด์โอเวอร์นั้นมีเลข PCI ซ้ำกัน
- **MODPCI ซ้ำกัน** จะทำให้ RS (Referrence signal) นั้นมี Power ที่เท่ากัน เมื่อPower มีขนาดที่เท่ากันก็จะทำให้เกิดการชนกันและหักล้างกันเอง จนสัญญาณมีคุณภาพต่ำลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

วิธีการดำเนินงาน

ในการพัฒนาโปรแกรมตรวจจับการชนกันของPCIเพื่อปรับปรุงคุณภาพโครงข่าย LTE นั้น โดยวิธีตรวจสอบการออกแบบ PCI เลขเดียวกันภายในระยะทางที่ไม่เหมาะสมของและตรวจสอบการซ้ำกันของชนิดกลุ่ม PCI มีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาเบื้องต้น

ในการพัฒนาโปรแกรมนั้นมีขั้นตอนแรกในการพัฒนาได้ศึกษาค้นคว้า ทำความเข้าใจและรวบรวมเนื้อหาจากพี่ๆที่ทำงานและยังได้ไปฝึกอบรบเรื่อง LTE ที่หัวเหว่ยได้จัดอบรมไว้ให้ ทำความเข้าใจตัวแปรในการทำงานของระบบ การประมวลผลต่างๆเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมา การนำผลลัพธ์ที่ได้มาแสดงให้ผู้ที่นำไปใช้งานต่อเข้าใจได้ง่าย

3.1.1 ศึกษา LTE

ในการศึกษาเรื่อง LTE นั้นได้มีการขอไฟล์เนื้อหาข้อมูลจากผู้นิเทศและสอนการทำงานของ LTE ที่สำคัญได้ไปฝึกอบรมเรื่อง LTE ที่ทางหัวเว่ยได้จัดอบรม ทำให้มีความเข้าใจเพิ่มขึ้น โดยมีหัวข้อที่ได้ศึกษาดังนี้

Radio Interface Techniques คือการใช้วิธี DMA (Division Multiple Access) แบ่งทรัพยากรอย่างไรให้สามารถเข้าใช้งานพร้อมกันได้หลายๆคน

- GSM = FDMA , TDMA โดย 1 subcarrier = 200KHz
- UMTS = CDMA ทุกคนได้Bandwidthเต็มที่แต่เข้ารหัสไม่เหมือนกัน
- LTE = OFDMA โดย 1 subcarrier = 15 KHz

Transmission mode คือ การนำผู้ใช้งานหลายๆคนพร้อมๆกัน ส่งผ่านไปในระบบด้วยวิธีใด

- FDD แบ่งการส่งข้อมูลในทิศขาขึ้น (Uplink) และในทิศขาลง (Downlink) ให้อยู่คนละความถี่กัน ถือเป็นการส่งแบบ Fullduplex เพราะ Uplink , Downlink มีเส้นทางเป็นของตนเอง ทำให้มีความเร็วในการส่งข้อมูลที่สูง
- TDD แบ่งการส่งข้อมูลในทิศขึ้น (Uplink) และในทิศขาลง (Downlink) ให้อยู่คนละช่วงเวลากัน ถือเป็นการส่งแบบ Halfduplex เพราะ Uplink , Downlink ใช้เส้นทางร่วมกัน ทำให้มีความเร็วในการส่งข้อมูลที่ต่ำกว่า FDD และยังต้องใช้ความสามารถในการจัดการระบบการส่งแบบTDDค่อนข้างสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex)

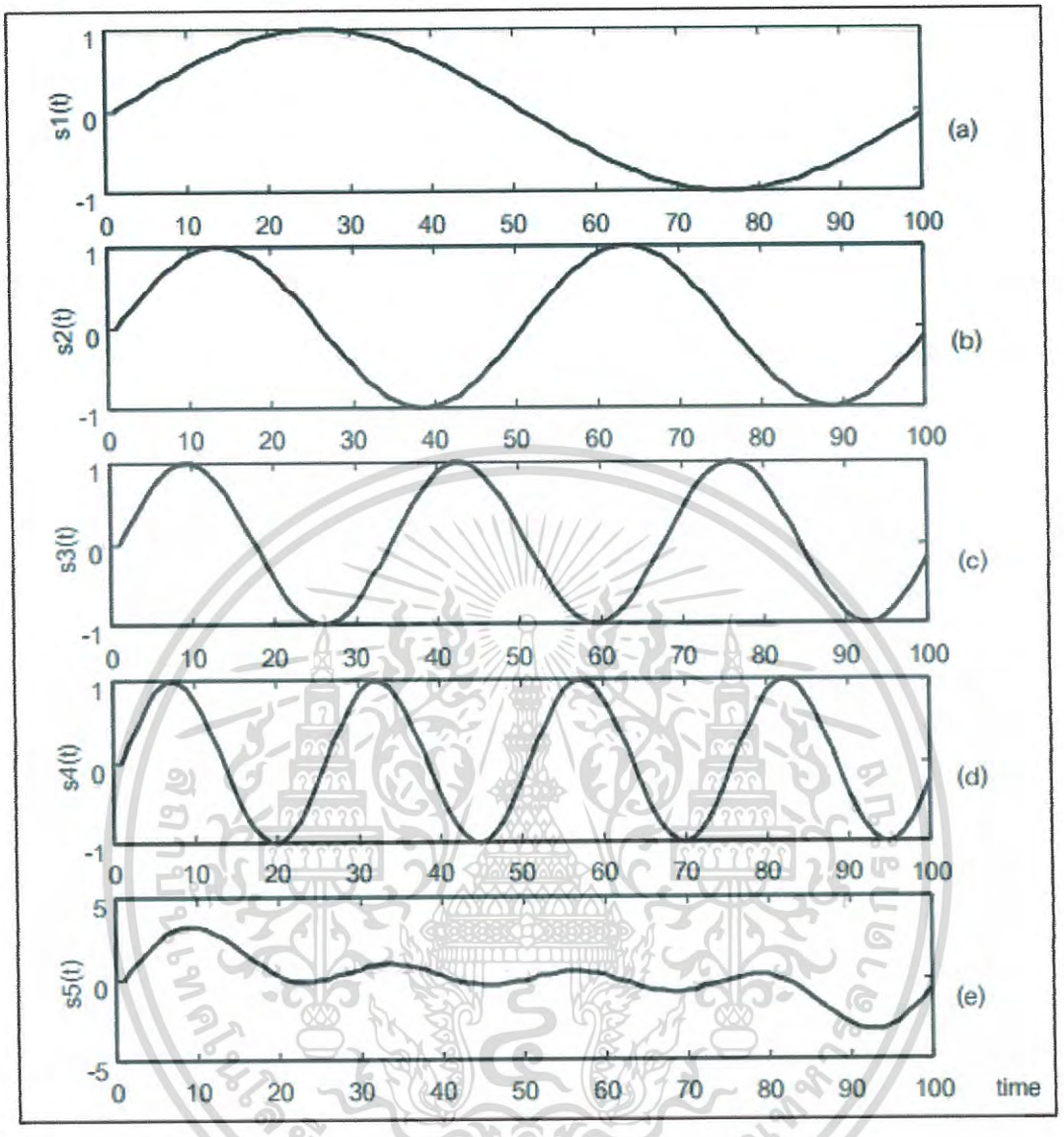
OFDMเป็นเทคนิคการมัลติเพล็กซ์ที่คล้ายกับการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงความถี่ (FDM:Frequency Division Multiplexing) โดยที่ระบบโอเอฟดีเอ็ม นั้นจะใช้พื้นฐานของการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงความถี่ที่ทำให้สามารถที่จะส่งข่าวสารได้หลายข่าวสารไปในช่องสัญญาณช่องเดียวกันซึ่งเป็นการใช้ย่านความถี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตัวอย่างของระบบการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงความถี่ที่ใช้กัน เช่น การส่งสัญญาณของ สถานีวิทยุเอฟเอ็ม (Frequency Modulation) โดยที่แต่ละสถานีจะใช้ความถี่ที่ต่างกันทำให้แต่ละ สถานีนั้นสามารถที่ส่งสัญญาณได้พร้อมๆ กันโดยไม่มีการรบกวนซึ่งกันและกัน เมื่อรับสัญญาณได้ก็จะเลือกแถบความถี่หรือสถานีที่ต้องการโดยใช้วงจรกรองแบบแถบความถี่ ผ่าน (band-pass filter) ซึ่งจะสามารถทำการดีมอดูเลท (demodulate) สัญญาณข่าวสารที่ต้อง การกลับมาได้

การมัลติเพล็กซ์แบบโอเอฟดีเอ็มจะแตกต่างกับการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงความถี่ในหลาย ๆ ด้านคือ ในการส่งสัญญาณแบบแบ่งช่วงความถี่จะส่งที่แถบความถี่ต่างกันโดยผลที่ได้จาก การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงความถี่คือจะสูญเสียแถบความถี่ระหว่างสถานีที่มีไว้เพื่อป้องกันไม่ให้ เกิดการรบกวนกันระหว่างสถานีข้างเคียง ด้วยการมัลติเพล็กซ์แบบโอเอฟดีเอ็ม เช่น ระบบการ กระจายเสียงแบบดิจิตอล (DAB : Digital Audio Broadcasting) สัญญาณข่าวสารของแต่ละสถานีจะถูกมัลติเพล็กซ์รวมกันเป็นสัญญาณข่าวสารสัญญาณเดียวโดยสัญญาณข่าวสาร ทั้งหมด นี้จะทำการส่งโดยใช้ระบบโอเอฟดีเอ็มผ่านคลื่นพาห์ย่อยๆ จำนวนมาก โดยคลื่นพาห์ย่อยๆ เหล่านี้จะมีคุณสมบัติของการออโธโกนอล (Orthogonal)

การมัลติเพล็กซ์แบบโอเอฟดีเอ็มนั้นจะมีคุณสมบัติของการออโธโกนอลในแกนความถี่โดยสามารถที่จะส่งสัญญาณข่าวสารไปในคลื่นพาห์ย่อยที่ต่างกันโดยไม่เกิดการบกวนกัน สัญาณโอเอฟดีเอ็มสามารถสร้างจากผลรวมของสัญญาณไซนูซอยด์(Sinusoid signal) หลายๆสัญญาณซึ่งแต่ละสัญญาณก็คือคลื่นพาห์ย่อยแต่ละตัวนั่นเอง ความถี่เบสแบนด์(Baseband frequency)ของแต่คลื่นพาห์ย่อยจะกำหนดให้เป็นจำนวนเต็ม ของส่วนกลับของช่วงเวลาของสัญลักษณ์หนึ่งสัญลักษณ์ (Symbol time) โดยผลที่ได้จะทำให้แต่ละคลื่นพาห์ย่อยนั้นมีจำนวนของไซเคิล(Cycle) เป็นจำนวนเต็มในหนึ่งสัญลักษณ์และผลที่ตามมาก็จะทำให้แต่ละคลื่นพาห์ย่อยๆ นั้นตั้งฉากกัน [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

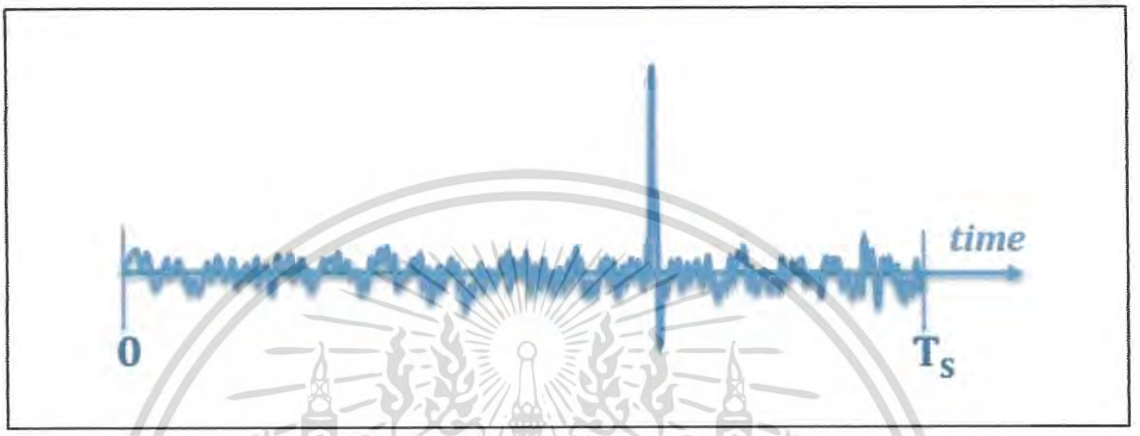


ภาพที่ 3.1 สัญญาณ OFDM ในแกนเวลา [11]

จากภาพที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าคลื่น a,b,c,d เป็นคลื่นที่มีความถี่แตกต่างกัน แต่เมื่อถูกมัลติเพล็กซ์รวมกันแล้วจะได้เป็นคลื่น e ซึ่งทั้ง 4 คลื่นไม่รบกวนกันเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PAPR (Peak to Average Power Ratio) หมายถึงอัตราส่วนระหว่าง Power ที่มากที่สุดกับค่ากลาง ยิ่งค่า PAPR มาก แสดงว่า Peak นั้นสูงมาก ส่งผลให้มีการใช้พลังงานสูงมากและต่ำมากสลับกันภายในเวลาสั้น ส่งผลให้กินพลังงานจากเครื่องลูกข่ายค่อนข้างมาก ผิดกับที่มีค่า PAPR ต่ำ จะไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงในการส่ง Power มากทำให้ไม่กินพลังงาน



ภาพที่ 3.2 ตัวอย่างของคลื่นที่มีค่า PAPR สูงและต่ำ [12]

จากภาพที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าช่วงแรกๆและท้ายๆของคลื่น PEAK จะมีค่าที่ไม่สูงมากนักทำให้ PAPR อยู่ในระดับที่ต่ำ แต่มีอยู่ช่วงหนึ่งที่ PEAK มีค่าสูงมาก ในช่วงนั้นเองทำให้ค่า PAPR มีค่าสูง

- OFDMA (Orthogonal frequency-division multiple access) มีค่า PAPR สูง เหมาะแต่การใช้กับการเชื่อมต่อในขาลง (Downlink)
- SC-FDMA (Single-Carrier Frequency Division Multiple Access) มีค่า PAPR ต่ำ เหมาะแต่การใช้กับการเชื่อมต่อขาขึ้น (Uplink)

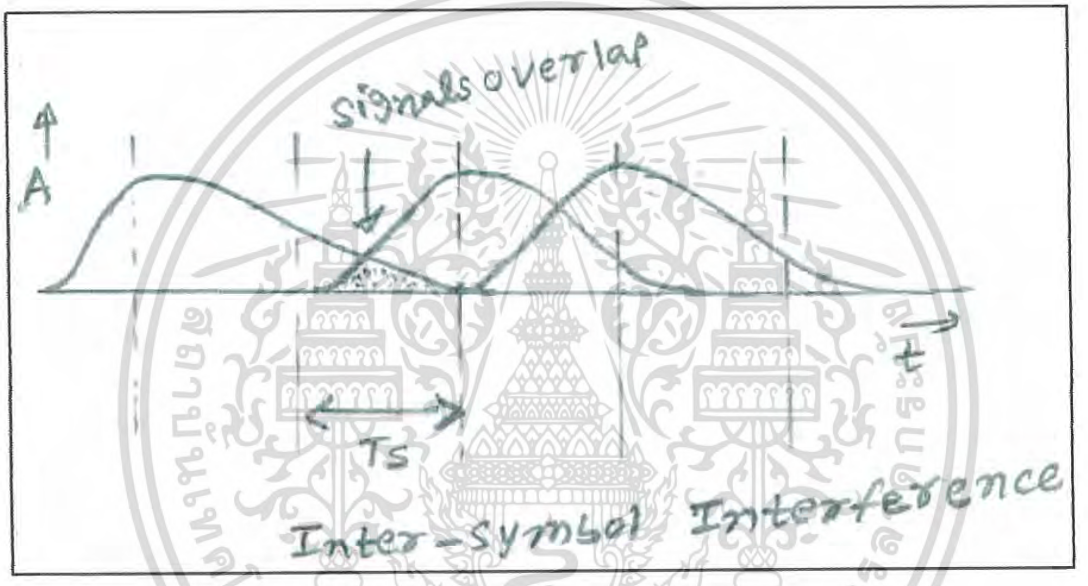
การอ่านความหมายของกราฟจากแกนความถี่และแกนเวลา

- กราฟแกนเวลา หมายความว่า ต้องใช้เวลาเท่าไรในการส่งข้อมูล
- กราฟแกนความถี่ หมายความว่า ต้องใช้ Bandwidth เท่าไรในการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยในโลกของการสื่อสารไร้สาย

ปัญหาที่สำคัญในโลกไร้สายเลยก็คือ ปัญหาของ ISI หรือ Inter Symbol Interference ซึ่งเกิดจากสัญญาณวิทยุนั้นสามารถกระจายออกไปได้ในหลายทิศทางและเช่นกันก็จะมีการสะท้อนไปมาในหลายทิศทาง สุดท้ายและทุกๆสัญญาณก็จะเดินทางมารวมกันที่อุปกรณ์รับสัญญาณ มีผลให้เกิดการรบกวนของสัญญาณขึ้น ทั้งๆที่เป็นสัญญาณที่มาจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน แต่ถ้ามาถึงอุปกรณ์รับสัญญาณในเวลาที่ไม่เท่ากันแล้วนั้นก็จะกลายเป็นสัญญาณรบกวนแทนนั้นเอง



ภาพที่ 3.3 ตัวอย่าง ISI [13]

จากภาพที่ 3.3 จะเห็นได้ว่ามีคลื่นทั้งหมด3คลื่น ซึ่งเป็นคลื่นที่มาจากแหล่งเดียวกัน รูปร่างเหมือนกัน แต่มาถึงปลายไม่พร้อมกันทำให้เกิดเหตุการณ์ดังภาพ มีการซ้อนทับกันระหว่างคลื่น หรือเรียกว่า signal overlap ทำให้กลายเป็นสัญญาณรบกวนกันเอง

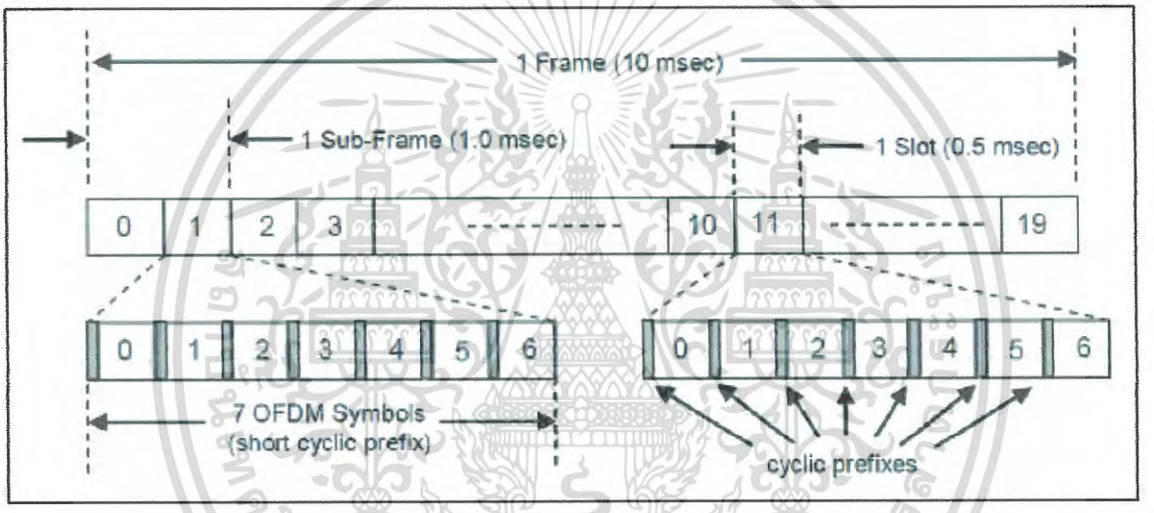
การแก้ปัญหา ISI (Inter Symbol Interference)

วิธีที่ใช้แก้ปัญหานี้ของ OFDM ก็คือการใช้ Cyclic Prefix วิธีการก็คือนำเอาส่วนสุดท้ายของสัญญาณมาไว้เป็นส่วนหน้าของสัญญาณด้วย เพื่อที่ว่าเมื่อสัญญาณเกิดการชนกันในส่วนท้ายก็จะยังมีสัญญาณที่ได้มาจาก Cyclic Prefix อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LTE-Radio Frame (หน่วยตามแกนเวลา) คือ สิ่งที่มีไว้ใส่ข้อมูลต่างๆไว้เพื่อส่งออกไปกับคลื่นวิทยุ

- 1 Radio Frame = 10 ms
- 1 Radio Frame = 10 Sub Frame
- 1 Sub Frame = 1 ms
- 10 Sub Frame = 20 Slots
- 1 Sub Frame = 2 Slots
- 1 Slots = 0.5 ms

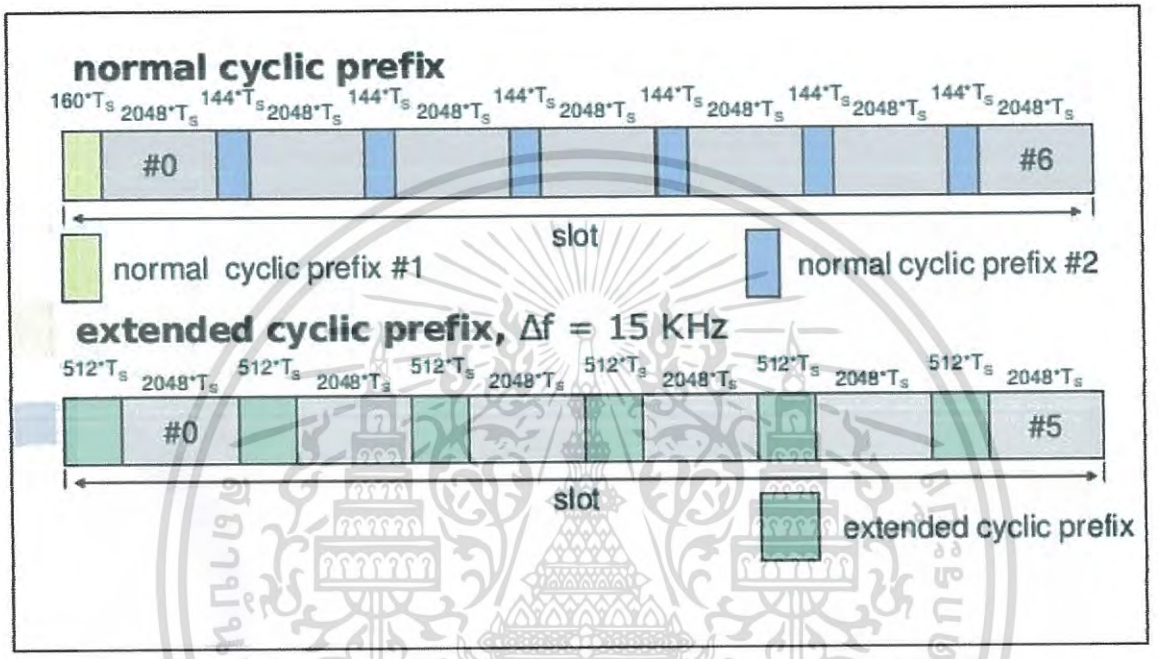


ภาพที่ 3.4 Radio Frame [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 Slots นั้นสามารถแบ่งรูปแบบของ Cyclic Prefix ได้สองแบบ

- Normal Cyclic Prefix = 7 OFDM symbol ความเร็วมากกว่า แต่มีโอกาสรบกวนมากกว่า
- Extend Cyclic Prefix = 6 OFDM symbol ความเร็วต่ำกว่า แต่มีโอกาสรบกวนน้อยกว่า



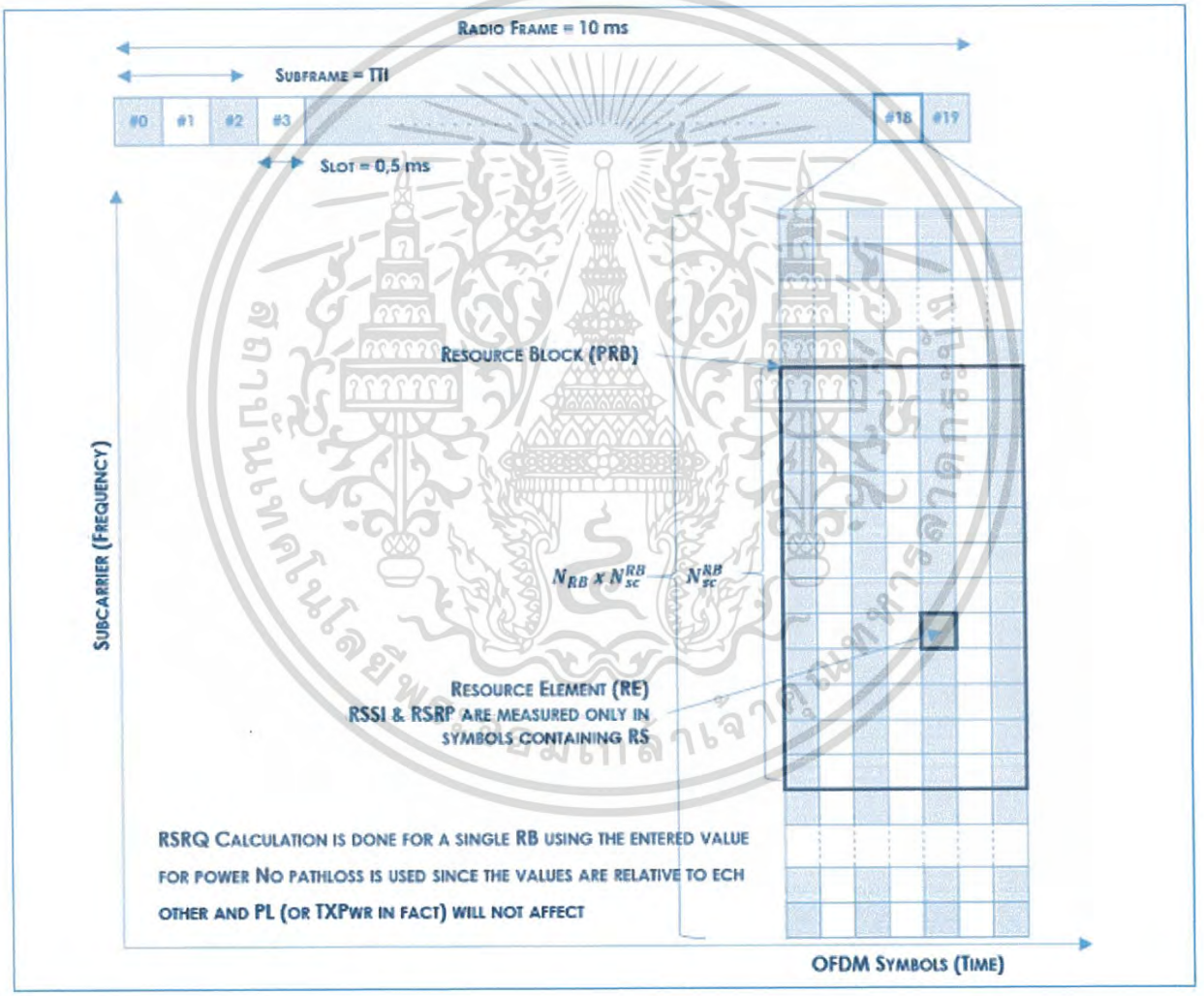
ภาพที่ 3.5 Normal Cyclic Prefix และ Extend Cyclic Prefix [14]

จากภาพที่ 3.5 จะเห็นได้ว่า Normal Cyclic Prefix มีขนาด Cyclic Prefix ที่ค่อนข้างสั้นแต่ถ้าเป็น Extend Cyclic Prefix จะมีขนาด Cyclic Prefix ที่ยาวกว่าจึงมีโอกาสที่จะแก้ไขปัญหาการรบกวนกันได้มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการส่งข้อมูลไปใน LTE จะถูกแบ่งทรัพยากรออกเป็นช่องๆ เรียกว่า Physical Resource Block ซึ่งสามารถอธิบายจากภาพที่ 3.6 ได้ดังนี้

- Physical Resource Block (RB) = 12 subcarrier X 1 Slot
- Resource Element (RE) = 1 subcarrier X 1 symbol
- 1 RB Normal = 12 subcarrier X 7 symbol = 84 RE
- 1 RB Extend = 12 subcarrier X 6 symbol = 72 RE



ภาพที่ 3.6 LTE-Radio Frame และ Resource block [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าคุณภาพของสัญญาณ

- RSRP (Reference Signal Received Power)
- RSRQ (Reference Signal Received Quality)
- RSSI (Received Signal Strength Indicator)
- SINR (Signal to Interference Noise Ratio)
- CQI (Channel Quality Index)
- BLER (Block Error Ratio)
- DownLink Throughput
- UpLink Throuhgput

RSRP (Reference Signal Received Power)

RSRP คือ ค่าความแรงของสัญญาณ โดยมีหน่วยเป็น dbm

- -44 dbm สัญญาณแรง
- -140 dbm สัญญาณอ่อน

RSRP	Signal Strength
> -90 dBm	Excellent
-90 dBm to -105 dBm	Good
-106 dBm to -120 dBm	Fair
< -120 dBm	Poor

ภาพที่ 3.7 การวัดคุณภาพ RSRP [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RSRQ (Reference Signal Received Quality)

RSRQ คือ ค่าคุณภาพของสัญญาณ โดยมีหน่วยเป็น db

- - 3 db สัญญาณคุณภาพดี
- -19.5 db สัญญาณคุณภาพแย่

RSRQ	Signal Quality
> -9 dB	Excellent
-9 dB to -12 dB	Good
< -13 dB	Fair to Poor

ภาพที่ 3.8 การวัดคุณภาพ RSRQ [14]

RSSI (Received Signal Strength Indicator)

RSSI คือ ค่าความแรงของสัญญาณตัวรับ โดยมีหน่วยเป็น dbm

- -50 dbm สัญญาณแรงมาก แสดงว่าตัวรับอยู่ใกล้เสาส่ง
- -60 ถึง -75 dbm สัญญาณยังแรงอยู่ ที่มือถือจะขึ้นค่าความแรงสัญญาณเต็มทุกขีด
- -110 dbm สัญญาณอ่อนมาก อาจจะมีค่าความแรงสัญญาณแค่ขีดเดียวหรือไม่ก็ไม่มีสัญญาณเลย

RSSI	Signal Strength
> -70 dBm	Excellent
-70 dBm to -85 dBm	Good
-86 dBm to -100 dBm	Fair
< -100 dBm	Poor
-110 dBm	No signal

ภาพที่ 3.9 การวัดคุณภาพ RSSI [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.10 การตรวจสอบค่า RSSI [16]

จากภาพที่ 3.10 จะเห็นได้ว่ามือถือทุกรุ่นสามารถตรวจสอบค่า RSSI ได้ทางหน้าจอเลย

SINR (Signal to Interference Noise Ratio)

SINR คือ อัตราส่วนของสัญญาณข้อมูลกับสัญญาณรบกวน แสดงสูตรได้ตามภาพที่ 3.11

$$SINR = \frac{S}{I + N}$$

ภาพที่ 3.11 สูตร SINR , S = Signal , I = Interference , N = Noise [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RSRP vs RSRQ vs SINR

RF Conditions	RSRP (dBm)	RSRQ (dB)	SINR (dB)
Excellent	>=-80	>=-10	>=20
Good	-80 to -90	-10 to -15	13 to 20
Mid Cell	-90 to -100	-15 to -20	0 to 13
Cell Edge	<=-100	<-20	<=0

ภาพ 3.12 เปรียบเทียบการวัดค่าคุณภาพสัญญาณทั้งสามว่าเท่าไร [14]

CQI (Channel Quality Index)

CQI คือ เป็นค่าที่บอกถึงคุณภาพของช่องสัญญาณ เพื่อที่จะทำให้เสาสัญญาณปล่อยความเร็วของข้อมูลออกมาให้เหมาะสมกับคุณภาพของมือถือดังภาพที่

CQI index	modulation	code rate x 1024	efficiency
0	out of range		
1	QPSK	78	0.1523
2	QPSK	120	0.2344
3	QPSK	193	0.3770
4	QPSK	308	0.6016
5	QPSK	449	0.8770
6	QPSK	602	1.1758
7	16QAM	378	1.4766
8	16QAM	490	1.9141
9	16QAM	616	2.4063
10	64QAM	466	2.7305
11	64QAM	567	3.3223
12	64QAM	666	3.9023
13	64QAM	772	4.5234
14	64QAM	873	5.1152
15	64QAM	948	5.5547

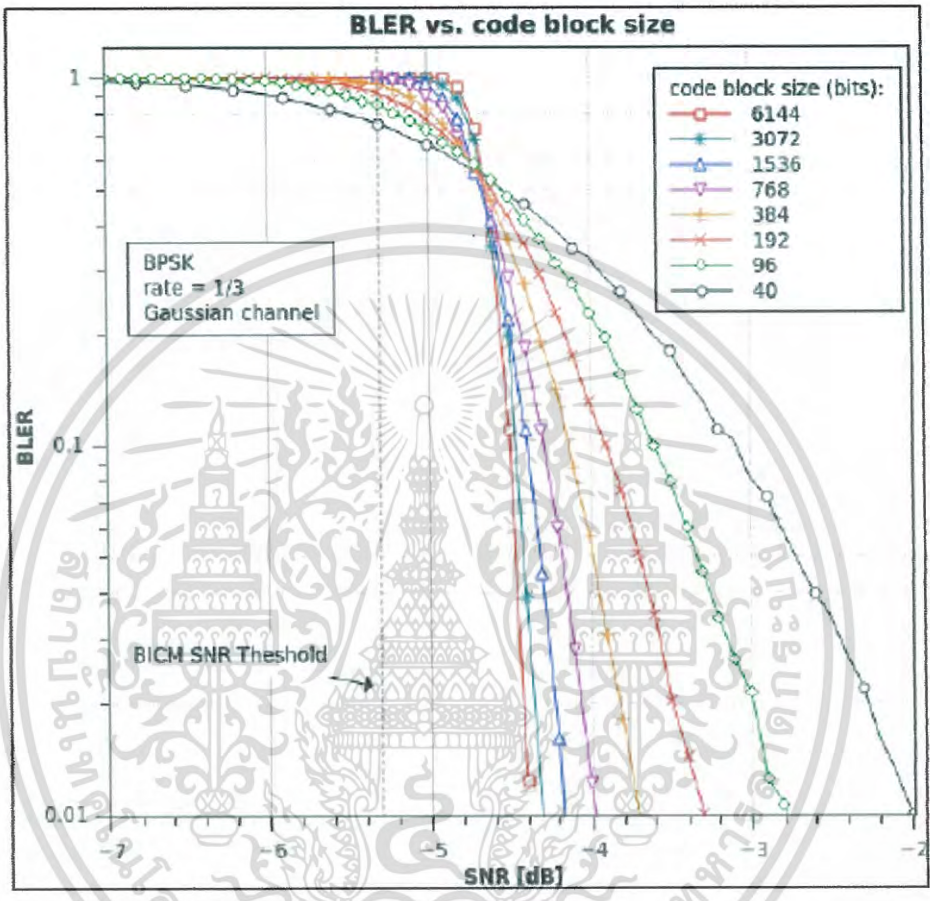
ภาพที่ 3.13 ตารางค่า CQI [14]

จากภาพที่ 3.13 จะเห็นได้ว่า แต่ละ CQI index มีการมอดดูเลชั่นและโค้ดเรทที่ไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BLER (Block Error Ratio)

BLER คือ เป็นอัตราส่วนระหว่าง สัญญาณที่ผิดพลาดกับสัญญาณที่ส่งออกไป ค่ายิ่งเข้าใกล้ 1 แสดงว่ายิ่งมีความผิดพลาดของข้อมูลสูงมาก



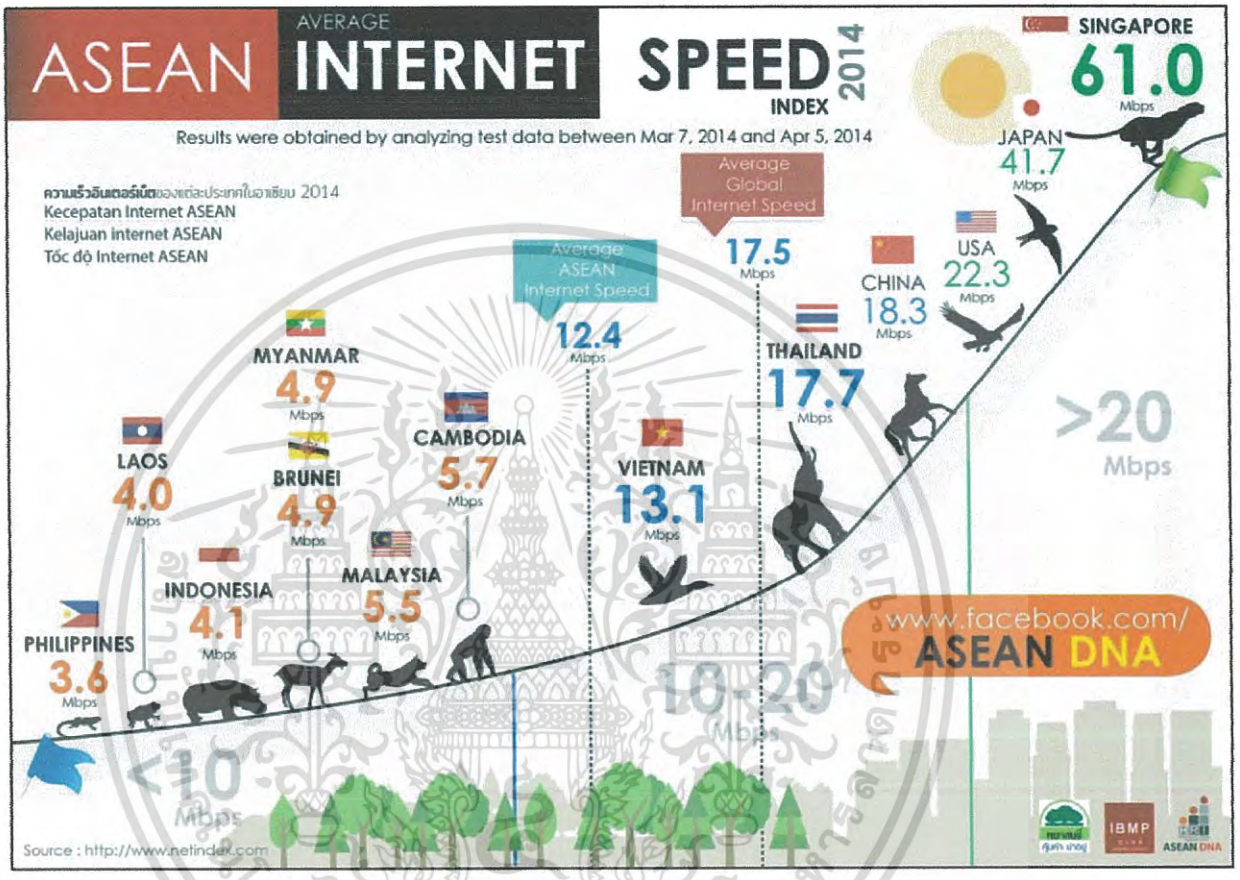
ภาพที่ 3.14 ภาพกราฟเทียบ BLER , SNR [17]

จากภาพที่ 3.14 จะเห็นได้ว่า ในช่วงแรกที่ SNR มีค่าต่ำ BLER จะมีค่าสูงมาก นั้นเป็นเพราะ SNR ต่ำ แสดงว่ามีสัญญาณรบกวนสูง นั่นทำให้ข้อมูลเกิดการผิดพลาดมาก แต่พอ SNR สูง BLER ก็จะมีค่าน้อยลง ตามภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DL / UL throughput

DL / UL throughput คือ ความเร็วที่ผู้ใช้ได้รับในการส่งข้อมูลและรับข้อมูล มีหน่วยเป็น bps



ภาพที่ 3.15 ตัวอย่าง DL Through put [18]

TA (Timing Advanced)

TA คือ เป็นตัวแปรหนึ่งที่เอาไว้วัดค่า เสาสัญญาณนี้มีมือถือเข้ามาใช้งานในระยะทางไกลแค่ไหน และเข้ามาใช้งานทั้งหมดกี่ครั้ง โดยสามารถดูได้จากภาพที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Counter ID	Counter Name	Counter Description	Distance
1526728956	L.RA.TA.UE.Index0	Number of times the TA value is 0 or 1 (index 0) in a UE-initiated random access procedure in a cell	0~156m
1526728957	L.RA.TA.UE.Index1	Number of times the TA value is 2 or 3 (index 1) in a UE-initiated random access procedure in a cell	156~234m
1526728958	L.RA.TA.UE.Index2	Number of times the TA value is ranging from 4 to 7 (index 2) in a UE-initiated random access procedure in a cell	234~546m
1526728959	L.RA.TA.UE.Index3	Number of times the TA value is ranging from 8 to 13 (index 3) in a UE-initiated random access procedure in a cell	546~1014m
1526728960	L.RA.TA.UE.Index4	Number of times the TA value is ranging from 14 to 25 (index 4) in a UE-initiated random access procedure in a cell	1014~1950
1526728961	L.RA.TA.UE.Index5	Number of times the TA value is ranging from 26 to 45 (index 5) in a UE-initiated random access procedure in a cell	1950-3510
1526728962	L.RA.TA.UE.Index6	Number of times the TA value is ranging from 46 to 85 (index 6) in a UE-initiated random access procedure in a cell	3510-6630
1526728963	L.RA.TA.UE.Index7	Number of times the TA value is ranging from 86 to 185 (index 7) in a UE-initiated random access procedure in a cell	6630~14430
1526728964	L.RA.TA.UE.Index8	Number of times the TA value is ranging from 186 to 385 (index 8) in a UE-initiated random access procedure in a cell	14430~30030
1526728965	L.RA.TA.UE.Index9	Number of times the TA value is ranging from 386 to 685 (index 9) in a UE-initiated random access procedure in a cell	30030~53430
1526728966	L.RA.TA.UE.Index10	Number of times the TA value is ranging from 686 to 985 (index 10) in a UE-initiated random access procedure in a cell	53430~76830
1526728967	L.RA.TA.UE.Index11	Number of times the TA value is greater than 985 (index 11) in a UE-initiated random access procedure in a cell	>76830

ภาพที่ 3.16 การเปรียบเทียบ TA Index กับ ระยะทาง [19]

จากภาพที่ 3.16 จะเห็นได้ว่า TA นั้นมี Index ตั้งแต่ 0 ถึง 11 และระยะทางของแต่ละ Index ก็จะไม่เท่าไร โดยเริ่มจาก 0 – 76830 เมตรขึ้นไป

Index0	Index1	Index2	Index3	Index4	Index5	Index6	Index7	Index8	Index9	Index10	Index11
2417	16060	7593	1554	298	155	22	2	0	0	0	0

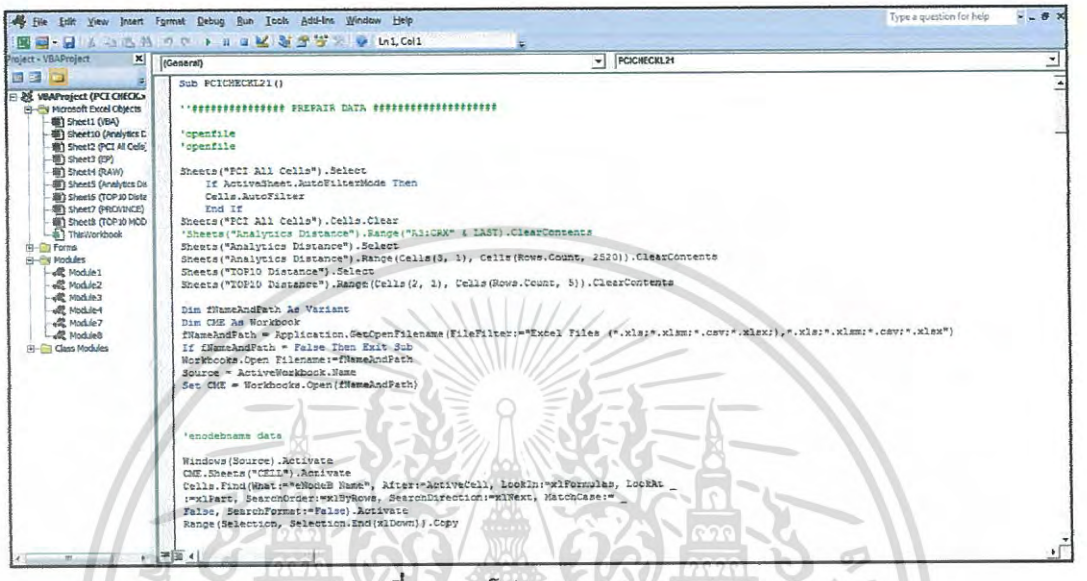
ภาพที่ 3.17 ตัวอย่าง ค่า TA แต่ละ Index

จากภาพที่ 3.17 จะเห็นได้ว่าแต่ละ Index นั้นมีค่าที่ไม่เท่ากัน ซึ่งค่าตัวเลขที่เห็นนั้นเป็นค่าที่หมายความว่า ในระยะทางกี่เมตรมีมือถือเข้ามาใช้งานกี่ครั้ง เช่น Index1 = 16060 หมายความว่า ที่ระยะทาง 156 – 234 เมตร มีมือถือเข้ามาใช้งานทั้งหมด 16060 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ศึกษาโปรแกรมที่จำเป็นในการทำงาน

1) Microsoft Excel สามารถสร้างและแสดงรายงานข้อมูล ในรูปแบบ spread sheet อำนวจความสะดวกในการคำนวนต่างๆ สร้างแผนภูมิและเขียนโปรแกรมเพื่อให้สะดวกต่อการทำงาน



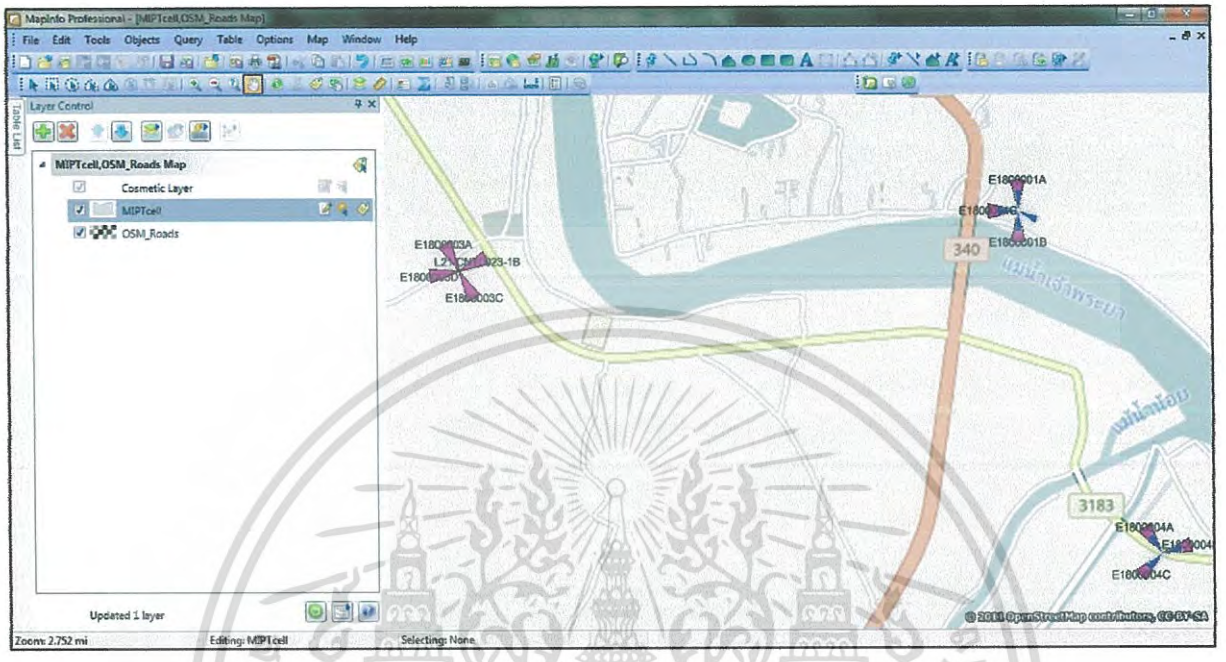
ภาพที่ 3. 18 โปรแกรม Microsoft Excel

2) U2000 ใช้ในการดึง CME ของระบบ L2100, E1800 ออกมา ซึ่งภายใน CME จะมีข้อมูล ละติจูด ลองจิจูด PCI

ภาพที่ 3.19 โปรแกรม U2000

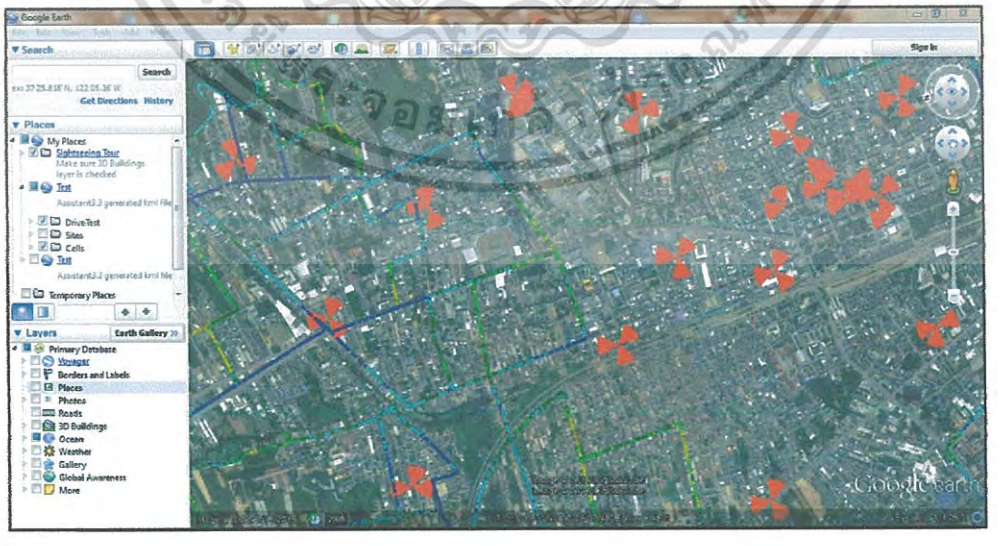
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) Mapinfo Professional ใช้ในการเปิดดูแผนที่เพื่อที่จะได้เห็นภาพของไซต์ว่าแต่ละเซคเตอร์หันไปทางไหนบ้าง อยู่ใกล้กันแค่ไหนและยังสามารถวาดแผนที่การเดินทางให้ฝ่าย Drivetest ได้อีกด้วย



ภาพที่ 3. 20 โปรแกรม Mapinfo Professional

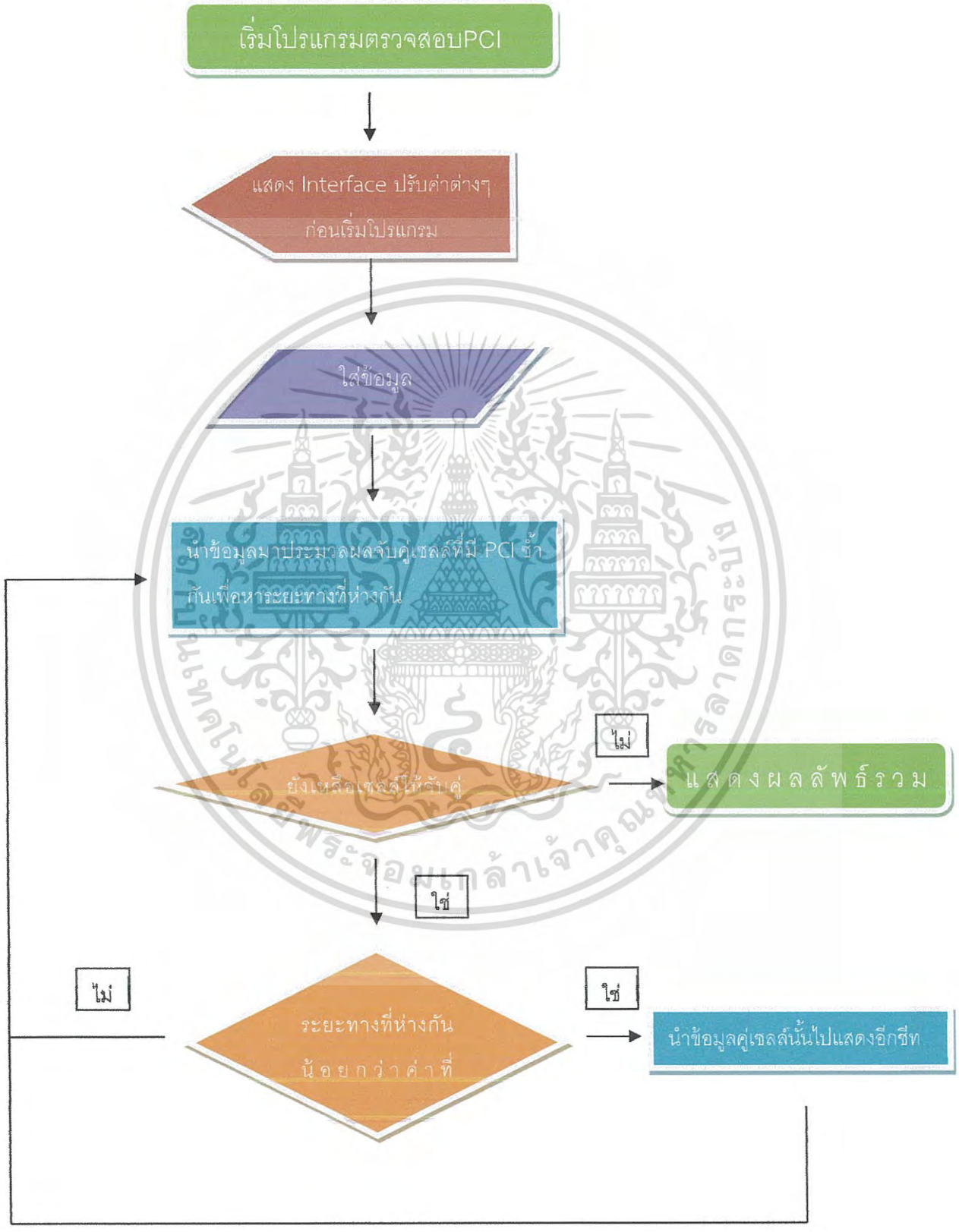
4) Google Earth ใช้ในการดูแผนที่จริง ที่มีสิ่งก่อสร้างหรือธรรมชาติจริง เพราะว่าการดูแบบนี้จะทำให้เห็นถึงปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นเช่น มีภูเขาหรือตึกบังอยู่ได้



ภาพที่ 3. 21 โปรแกรม Google Earth

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 Flowchart ของโปรแกรมตรวจสอบPCI



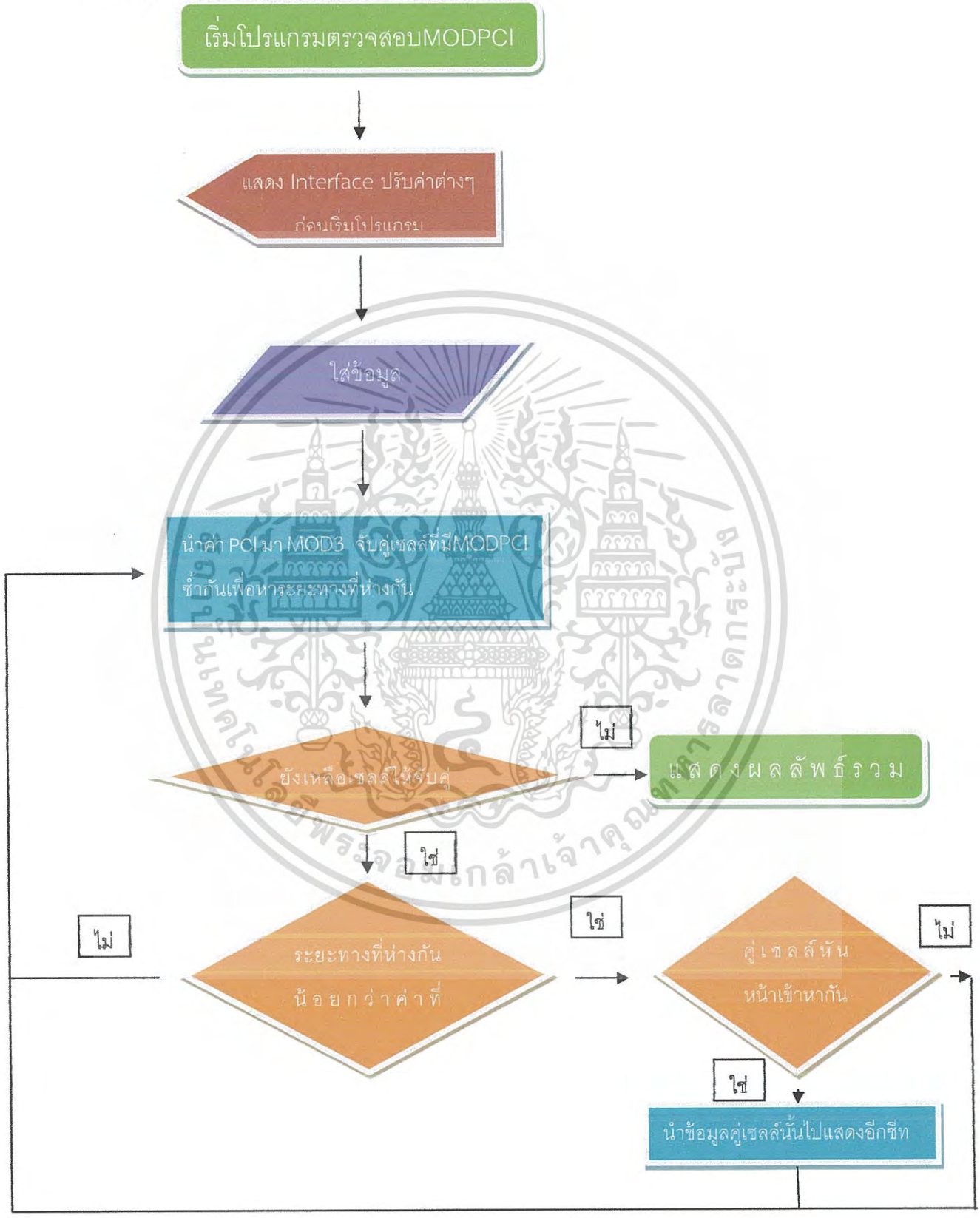
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโฟลว์ชาร์ต Check PCI สามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

- กำหนดค่าต่างๆก่อนที่จะเริ่มโปรแกรม ให้เหมาะสมกับงานที่เราต้องการค้นหา
- โปรแกรมจะให้เลือกไฟล์ข้อมูลที่ได้ดึงมาจาก Live Network ก็เลือกไฟล์ที่เราดึงออกมาในวันนั้นๆ
- หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการนำข้อมูลที่ได้มากรองให้เหลือเฉพาะข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการประมวลผล โดยใช้ ค่า PCI เป็นตัวกรอง เริ่มแต่ 0 - 503
- โปรแกรมจะดูก่อนว่าหลังจากกร้องข้อมูลแล้วเหลือข้อมูลอยู่ไหมถ้าไม่มีให้โปรแกรมประมวลผล โปรแกรมก็จะจบการทำงานลง
- ถ้ามีข้อมูลเหลืออยู่ก็จะทำการประมวลผล ในการประมวลผลนั้นโปรแกรมจะทำการจับคู่เซลล์แต่ละเซลล์เข้าด้วยกันและคำนวนระยะห่างระหว่างสองเซลล์
- เมื่อคำนวนระยะห่างได้แล้วก็จะนำมาเทียบกับค่าที่ได้ตั้งไว้ก่อนเริ่มโปรแกรม ถ้าระยะนั้นมีค่าน้อยกว่าก็ให้เอาค่าข้อมูลของคู่เซลล์ไปแสดงในชีทผลลัพธ์
- เมื่อจับคู่เซลล์หมดทุกคู่แล้ว ไม่เหลือข้อมูลอีกแล้ว โปรแกรมก็จะจบการทำงานลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 Flowchart ของโปรแกรมตรวจสอบ MODPCI



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโฟลว์ชาร์ต Check MOD PCI สามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

- กำหนดค่าต่างๆก่อนที่จะเริ่มโปรแกรม ให้เหมาะสมกับงานที่เราต้องการค้นหา
- โปรแกรมจะให้เลือกไฟล์ข้อมูลที่ได้ดึงมาจาก Live Network ก็เลือกไฟล์ที่เราดึงออกมาในวันนั้นๆ
- หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการนำข้อมูลที่ได้มากรองให้เหลือเฉพาะข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการประมวลผล ค่า MOD PCI เป็นตัวกรอง เริ่มแต่ 0 - 2
- โปรแกรมจะดูก่อนว่าหลังจากกร้องข้อมูลแล้วเหลือข้อมูลอยู่ไหมถ้าไม่มีให้โปรแกรมประมวลผลโปรแกรมก็จะจบการทำงานลง
- ถ้ามีข้อมูลเหลืออยู่ก็จะทำการประมวลผล ในการประมวลผลนั้นโปรแกรมจะทำการจับคู่เซลล์แต่ละเซลล์เข้าด้วยกันและคำนวนระยะห่างระหว่างสองเซลล์
- เมื่อคำนวนระยะห่างได้แล้วก็จะนำมาเทียบกับค่าที่ได้ตั้งไว้ก่อนเริ่มโปรแกรม ถ้าระยะนั้นมีค่าน้อยกว่าก็จะไปหาข้อมูล Azimuth จากฐานข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อประมวลผลต่อว่าเซลล์ทั้งคู่หันหน้าเข้าหากันหรือไม่
- ถ้าหันหน้าเข้าหากันก็จะนำข้อมูลของเซลล์ทั้งคู่ไปแสดงผลในซีทผลลัพธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

ในการสร้างโปรแกรมเชคPCIและMODPCI โดยใช้การเขียนmacro ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ทำความเข้าใจกับข้อมูลว่ามีตัวแปรอะไรบ้างและต้องนำอะไรมาใช้บ้าง

3.2.2 ศึกษาการใช้สูตรคำนวนมุม Azimuth เพื่อดูการหันเข้าหากันของเซลล์

3.2.3 เขียนโค้ด สร้างการทำงานในการประมวลผลต่างๆ

3.2.4 จัดโค้ดให้เป็นระเบียบเพื่อง่ายต่อการเข้าใจต่อคนที่มาศึกษา

3.2.1 ทำความเข้าใจกับไฟล์CME

CME เป็นข้อมูลที่ดึงออกมาจาก Live Network โดยเราจะใช้ข้อมูลจากสามcolumnนี้ eNodeB Name , Cell Name , Physical cell ID ดังภาพที่ 3.22

eNodeB												
*eNodeB Name	*eNodeB ID	*Local Cell ID	*Cell Name	Csg Indicator	Uplink cyclic prefix length	Downlink cyclic prefix length	*Frequency band	Uplink EARFCN indication	Uplink EARFCN	*Downlink EARFCN	*Uplink bandwidth	*Downlink bandwidth
AMR0003-L21	130003	1	1-AMR0003-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0003-L21	130003	2	1-AMR0003-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0003-L21	130003	3	1-AMR0003-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0003-L21	130003	4	1-AMR0003-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0004-L21	130004	1	1-AMR0004-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0004-L21	130004	2	1-AMR0004-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0004-L21	130004	3	1-AMR0004-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0005-L21	130005	1	1-AMR0005-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0005-L21	130005	2	1-AMR0005-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0005-L21	130005	3	1-AMR0005-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0005-L21	130005	4	1-AMR0005-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0006-L21	130006	1	1-AMR0006-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0006-L21	130006	2	1-AMR0006-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0006-L21	130006	3	1-AMR0006-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0007-L21	130007	1	1-AMR0007-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0007-L21	130007	2	1-AMR0007-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0007-L21	130007	3	1-AMR0007-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0007-L21	130007	4	1-AMR0007-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0008-L21	130008	1	1-AMR0008-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0008-L21	130008	2	1-AMR0008-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0008-L21	130008	3	1-AMR0008-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25
AMR0008-L21	130008	4	1-AMR0008-	BOOLEAN_FALS	NORMAL_CP	NORMAL_CP	1	CFG	18125	125	CELL_BW_N25	CELL_BW_N25

Cover | SiteList | Cell | eUCellSectorEqm | CellOp | CrOperatorTa | CnOpSharingGroup | EutranExternalCell | EutranInterNFreq | EutranInterFreqNCell | EutranIntraFreqNCell | EutranVFreqSCellOp | EutranBlkf ...

ภาพที่ 3. 22 ข้อมูลจาก CME

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ศึกษาการใช้สูตรคำนวนมุม Azimuth เพื่อดูการหันเข้าหากันของเซลล์

นำไฟล์ excel จากทาง Huawei เพื่อมาทำการเข้าใจสูตร ในการแปลงให้เป็นภาษา vba

- **Start Bearing** = ค่าของมุมที่เกิดจากการวัดมุมโดยใช้ตำแหน่งละติจูด ลองจิจูดจากสองไซต์และใช้เซลล์ต้นทางเป็นที่ตั้ง
- **End Bearing** = ค่าของมุมที่เกิดจากการวัดมุมโดยใช้ตำแหน่งละติจูด ลองจิจูดจากสองไซต์และใช้เซลล์ ปลายทางเป็นที่ตั้ง
- **Source Different** = ค่าของมุมที่ได้จากความแตกต่างระหว่าง Azimuthของเซลล์ต้นทางกับ **Start Bearing**
- **Target Different** = ค่าของมุมที่ได้จากความแตกต่างระหว่าง Azimuthของเซลล์ปลายทางกับ **End Bearing**
- **Faceto** = ค่าที่ได้จากการนำ Source Different มาเทียบกับค่า Front Lobe และ Side Lobe ที่ตั้งไว้

  - ถ้า Source Different น้อยกว่า Front Lobe แสดงว่าเซลล์ปลายทางอยู่ด้านหน้าเซลล์ต้นทาง

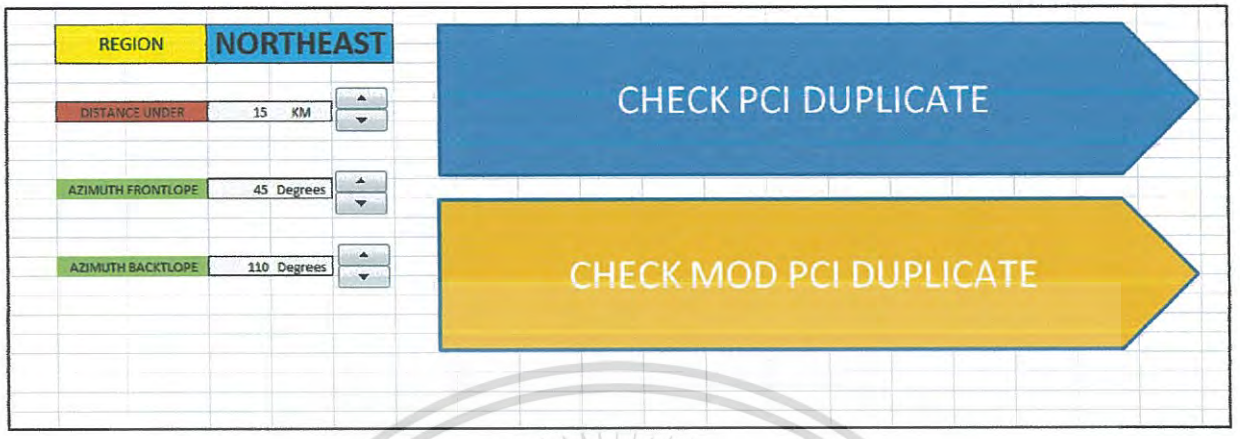
  - ถ้า Source Different มากกว่าหรือเท่ากับ Front Lobe และ Source Different น้อยกว่าหรือเท่ากับ Side Lobe แสดงว่าเซลล์ปลายทางอยู่ด้านข้างเซลล์ต้นทาง

  - ถ้าไม่อยู่ในสองเงื่อนไขแรก แสดงว่า เซลล์ปลายทางอยู่ด้านหลังเซลล์ต้นทาง

  - ทำอย่างนี้ไปกลับ ถ้าค่า Faceto ทั้งสองค่าเป็น Front Lobe แสดงว่าทั้งสองเซลล์นั้นหันหน้าเข้าหากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 เขียนโค้ด สร้างการทำงานในการประมวลผลต่างๆ

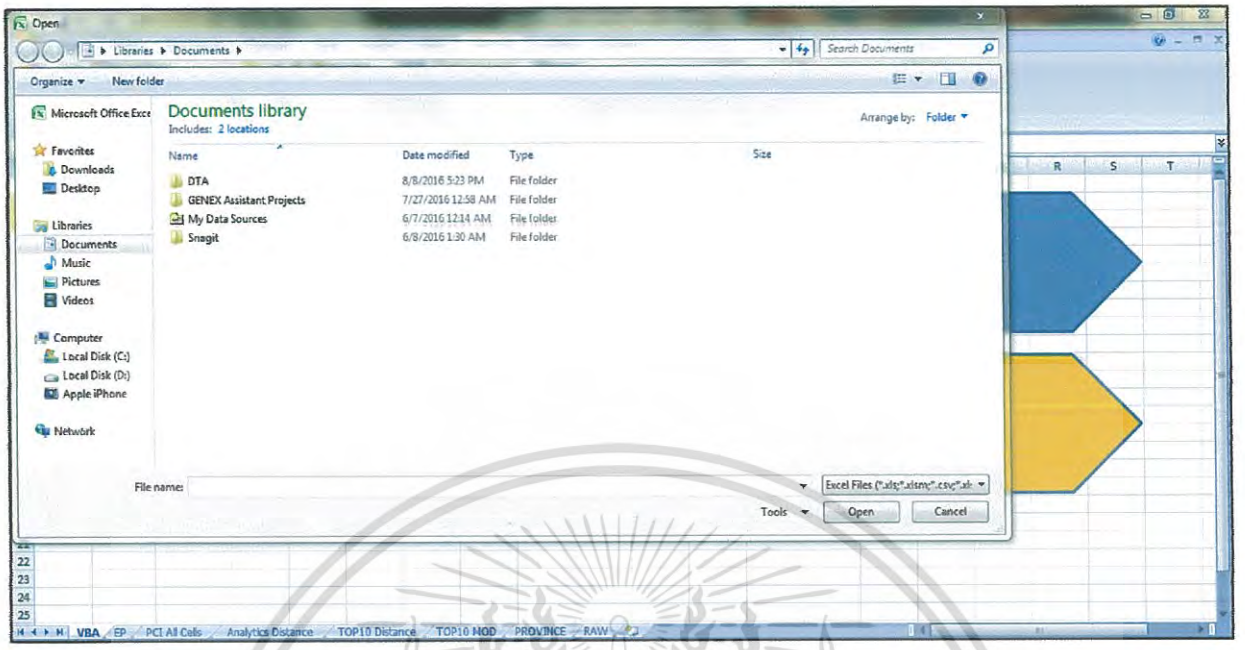


ภาพที่ 3. 23 interface โปรแกรม

จากภาพที่ 3.23 จะเห็นได้ว่าตัวโปรแกรมสามารถปรับค่าต่างๆได้ถึง 4 อย่างด้วยกัน

- Region สามารถปรับได้ว่าต้องการจะตรวจสอบปัญหาในภาคไหน
- Distance under สามารถปรับได้ว่าต้องการให้โปรแกรมจับคู่เซลล์ที่มีระยะห่างกันน้อยกว่ากี่กิโลเมตร
- Azimuth Frontlope สามารถปรับได้ว่าต้องการให้จับคู่กับไซต์ที่อยู่ด้านหน้าภายในมุมกี่องศา
- Azimuth Backlope สามารถปรับได้ว่าต้องการให้จับคู่กับไซต์ที่อยู่ด้านหลังภายในมุมกี่องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3. 24 การเลือกไฟล์ข้อมูล

จากภาพที่ 3.24 เมื่อเรากดปุ่มเชคความผิดพลาดซึ่งจะมีปุ่มให้กดด้วยกันสองแบบ

- Check PCI Duplicate เป็นการเชคว่า มีเซลล์คู่ไหนมี PCI ซ้ำกัน
- Check Mod PCI Duplicate เป็นการเชคว่า มีเซลล์คู่ไหนที่มีเศษจากการ Mod PCI ซ้ำกัน

เมื่อเลือกรูปแบบได้แล้ว เราก็ต้องเลือกไฟล์ CME ซึ่งต้องดึงมาจาก Live Network ก่อน

L2100 , E1800 Node Name	L2100 , E1800 CellName	Longitude (WGS84)	Latitude (WGS84)	Azimuth U2100&LTE , E1800
BRM0001-L21	L21-BRM0001-1A	103.10757	15.00228	350
BRM0001-L21	L21-BRM0001-1B	103.10757	15.00228	60
BRM0001-L21	L21-BRM0001-1C	103.10757	15.00228	110
BRM0001-L21	L21-BRM0001-1D	103.10757	15.00228	190
BRM0011-L21	L21-BRM0011-1A	103.1074915	14.9746634	340
BRM0011-L21	L21-BRM0011-1B	103.1074915	14.9746634	140
BRM0011-L21	L21-BRM0011-1C	103.1074915	14.9746634	230
BRM0011-L21	L21-BRM0011-1D	103.1074915	14.9746634	230
BRM0011-L21	L21-BRM0011-1E	103.1074915	14.9746634	270
BRM0016-L21	L21-BRM0016-1A	103.12388	14.99714	0
BRM0016-L21	L21-BRM0016-1B	103.12388	14.99714	120
BRM0016-L21	L21-BRM0016-1C	103.12388	14.99714	240
BRM0028-L21	L21-BRM0028-1A	103.04825	14.96083	70
BRM0028-L21	L21-BRM0028-1B	103.04825	14.96083	200
BRM0028-L21	L21-BRM0028-1C	103.04825	14.96083	270
BRM0031-L21	L21-BRM0031-1A	103.13865	15.01938	30
BRM0031-L21	L21-BRM0031-1B	103.13865	15.01938	120
BRM0031-L21	L21-BRM0031-1C	103.13865	15.01938	190
BRM0031-L21	L21-BRM0031-1D	103.13865	15.01938	260
BRM0032-L21	L21-BRM0032-1A	103.10644	15.02716	320
BRM0032-L21	L21-BRM0032-1B	103.10644	15.02716	50
BRM0032-L21	L21-BRM0032-1C	103.10644	15.02716	120
BRM0032-L21	L21-BRM0032-1D	103.10644	15.02716	240

ภาพที่ 3.25 ข้อมูลที่ใช้ในการเทียบเพื่อประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 3.25 จะนำข้อมูลนั้นไปเทียบกับ CME เพื่อที่จะได้ข้อมูลตามภาพที่ 3.26

*eNodeB Name	*Cell Name	*Physical cell ID	Longtitude	Lattitude	PCI MOD3	Abbreviatio	REGION
CPN0001-E18	E18-CPN0001-1D	152	99.18417	10.50861	2	CPN	SOUTH
CPN0005-E18	E18-CPN0005-1D	131	99.310357	10.713203	2	CPN	SOUTH
CPN0008-E18	E18-CPN0008-1B	422	99.097359	9.941819	2	CPN	SOUTH
CPN0012-E18	E18-CPN0012-1D	233	99.173343	10.482697	2	CPN	SOUTH
CPN0013-E18	E18-CPN0013-1C	149	99.2444	10.437	2	CPN	SOUTH
CPN0014-E18	E18-CPN0014-1D	314	99.17613	10.49694	2	CPN	SOUTH
CPN0016-E18	E18-CPN0016-1C	101	99.15487074	10.50202328	2	CPN	SOUTH
CPN0017-E18	E18-CPN0017-1D	350	99.15173952	9.954843922	2	CPN	SOUTH
CPN0027-E18	E18-CPN0027-1A	14	99.21462	10.45457	2	CPN	SOUTH
CPN0031-E18	E18-CPN0031-1A	392	99.19147	10.53031	2	CPN	SOUTH
CPN0032-E18	E18-CPN0032-1C	341	99.18875	10.4893	2	CPN	SOUTH
CPN0037-E18	E18-CPN0037-1C	167	99.07733117	9.951666279	2	CPN	SOUTH
CPN0046-E18	E18-CPN0046-1A	209	99.2041	10.50241	2	CPN	SOUTH
CPN0079-E18	E18-CPN0079-1D	326	99.32343	10.68457	2	CPN	SOUTH
CPN0094-E18	E18-CPN0094-1C	8	99.08493276	9.959343347	2	CPN	SOUTH
CPN0101-E18	E18-CPN0101-1C	23	99.12329318	9.950277709	2	CPN	SOUTH
CPN0114-E18	E18-CPN0114-1A	431	99.260052	10.427673	2	CPN	SOUTH
CPN0115-E18	E18-CPN0115-1A	320	99.22102	10.42725	2	CPN	SOUTH
CPN0134-E18	E18-CPN0134-1C	116	99.14023069	10.50297974	2	CPN	SOUTH
CPN0135-E18	E18-CPN0135-1D	35	99.3743	10.7247	2	CPN	SOUTH

ภาพที่ 3. 26 การนำข้อมูลมาประมวลผล

จากภาพที่ 3.26 ในหน้าที่แล้วจะเห็นได้ว่าเราดึงข้อมูลจาก CME มาแค่สามอย่างคือ eNodeB Name , Cell Name , Physical cell ID และเราจะนำข้อมูลที่มีใช้กับฟังก์ชั่น Vlookup ร่วมกับฐานข้อมูลที่เรามีอยู่แต่เดิมแล้ว เพื่อหา Longtitude , Lattitude , Abbreviation (ตัวย่อจังหวัด) , REGION โดยถ้าเรากดเลือกเชค MOD PCI จะมีข้อมูล MOD PCI เพิ่มมาด้วยตามภาพ

เมื่อได้ข้อมูลมาแล้วก็จะทำการฟิลเตอร์ต่อ การฟิลเตอร์จะฟิลเตอร์ตามที่เรากำหนดไว้ตอนเริ่มโปรแกรม

- Check PCI จะฟิลเตอร์เพียงแค่ REGION
- Check MOD PCI จะฟิลเตอร์ REGION และ PCI MOD 3

หลังจากฟิลเตอร์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลที่แสดงให้โปรแกรมเห็นจะมีเฉพาะข้อมูลที่เราต้องการเท่านั้น โปรแกรมจะทำการคำนวนที่ไม่เหมือนกันสองแบบ อธิบายได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Check PCI** โปรแกรมจะเริ่มการฟิลเตอร์เพิ่มที่คอลัม Physical cell ID โดยเริ่มที่ค่า 0 และเริ่มจับคู่เซลล์แรกกับเซลล์ที่สอง สาม สี่ ไปเรื่อยๆจนถึงเซลล์สุดท้าย และจะเปลี่ยนการฟิลเตอร์ Physical cell ID ใหม่ เป็น 1 ทำอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จนถึง Physical cell ID ที่ 503

ในระหว่างที่จับคู่เซลล์ที่มี PCI ซ้ำกันอยู่นั้น คู่เซลล์ไหนที่ถูกคำนวนระยะทางระหว่างกันโดยใช้ละติจูดและลองจิจูด แล้วระยะทางมีค่ามากกว่าที่ได้กำหนดไว้ตอนเริ่มโปรแกรม โปรแกรมจะไม่นำเซลล์คู่นั้นมาประทวลผลต่อในขั้นตอนต่อๆไป

คู่เซลล์ไหนที่คำนวนระยะทางแล้วมีค่าน้อยกว่าที่กำหนดไว้ โปรแกรมจะนำมาแสดงผลในอีกชีทหนึ่งของไฟล์เอ็กเซลล์

- **Check Mod PCI** โปรแกรมจะเริ่มการฟิลเตอร์ เพิ่มที่คอลัม MOD PCI โดยเริ่มฟิลเตอร์ที่ค่า MOD PCI = 0 แล้วจับคู่เซลล์แรกกับเซลล์ที่สอง สาม สี่ ไปเรื่อยๆจนถึงเซลล์สุดท้าย แล้วเริ่มฟิลเตอร์เตอร์ค่า MOD PCI = 1 ทำเหมือนเดินไปจนค่า MOD PCI = 2 ถือเป็นอันสิ้นสุด

ในระหว่างที่จับคู่เซลล์ที่มี MOD PCI ซ้ำกันอยู่นั้น เซลล์จะทำเหมือนกับ Check PCI ก็คือการวัดระยะห่างของทั้งสองเซลล์ว่าเกินกว่าที่กำหนดไว้หรือไม่จะได้ไม่คำนวนต่อ

ส่วนคู่ที่มีระยะทางระหว่างกันน้อยกว่าที่กำหนดไว้ก็จะนวนมาคำนวนต่อในขั้นตอนที่สอง โดยจะใช้ค่า Azimuth ที่มีอยู่แล้วในฐานข้อมูล Azimuth จะเป็นตัวบอกว่าเซลล์ๆนั้นหันไปทางทิศไหน โดย Azimuth = 0 จะหันไปทางด้านทิศเหนือ และไล่มาตามเข็มนาฬิกา เมื่อรู้ค่า Azimuth ของทั้งสองเซลล์แล้ว ก็จะนำมาคำนวนว่า เซลล์ปลายทางอยู่ด้านหน้าของเซลล์ต้นทางหรือไม่ และ เซลล์ต้นทางอยู่ด้านหน้าของเซลล์ปลายทางหรือไม่ ตามวิธีการที่ได้กล่าวไปข้างต้น ถ้าเซลล์ต้นทางและปลายทางอยู่ด้านหน้าของกันและกัน แสดงว่าทั้งสองเซลล์นั้นหันหน้าเข้าหากัน ก็จะนำเซลล์คู่นั้นมาแสดงในอีกชีทของไฟล์เอ็กเซลล์คู่ที่ไม่ได้หันหน้าเข้าหากันก็จะไม่ถูกคำนวนต่อไปดังภาพที่ 3.27 และ 3.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ENB	CellName	N ENB	NCellName	Distance (KM)	PCI
KKN0055-E18	E18-KKN0055-1D	KKN0059-E18	E18-KKN0059-1D	7.857192871	223
KKN0059-E18	E18-KKN0059-1D	KKN0055-E18	E18-KKN0055-1D	7.857192871	223

ภาพที่ 3.27 การแสดงคู่เซลล์ที่มีปัญหา PCI ซ้ำกัน

ENB	CellName	N ENB	NCellName	Distance	Face To Face	MODPCI
NRT0020-E18	E18-NRT0020-1A	NRT0069-E18	E18-NRT0069-1B	0.98804	Yes	0
NRT0069-E18	E18-NRT0069-1B	NRT0020-E18	E18-NRT0020-1A	0.98804	Yes	0
PKT0157-E18	E18-PKT0157-1C	PKT0173-E18	E18-PKT0173-1B	0.89294	Yes	0
PKT0173-E18	E18-PKT0173-1B	PKT0157-E18	E18-PKT0157-1C	0.89294	Yes	0
SKA0011-E18	E18-SKA0011-1A	SKA0123-E18	E18-SKA0123-1B	0.6105	Yes	0
SKA0045-E18	E18-SKA0045-1C	SKA0218-E18	E18-SKA0218-1A	0.98301	Yes	0
SKA0047-E18	E18-SKA0047-1A	SKA0065-E18	E18-SKA0065-1C	0.87341	Yes	0
SKA0065-E18	E18-SKA0065-1C	SKA0047-E18	E18-SKA0047-1A	0.87341	Yes	0
SKA0123-E18	E18-SKA0123-1B	SKA0011-E18	E18-SKA0011-1A	0.6105	Yes	0
SKA0123-E18	E18-SKA0123-1B	SKA0231-E18	E18-SKA0231-1A	0.47544	Yes	0
SKA0218-E18	E18-SKA0218-1A	SKA0045-E18	E18-SKA0045-1C	0.98301	Yes	0
SKA0231-E18	E18-SKA0231-1A	SKA0123-E18	E18-SKA0123-1B	0.47544	Yes	0
KBI0114-E18	E18-KBI0114-1C	KBI0119-E18	E18-KBI0119-1A	0.35942	Yes	1
KBI0119-E18	E18-KBI0119-1A	KBI0114-E18	E18-KBI0114-1C	0.35942	Yes	1
NRT0070-E18	E18-NRT0070-1A	NRT0190-E18	E18-NRT0190-1B	0.85863	Yes	1
NRT0190-E18	E18-NRT0190-1B	NRT0070-E18	E18-NRT0070-1A	0.85863	Yes	1
PKT0154-E18	E18-PKT0154-1A	PKT0182-E18	E18-PKT0182-1B	0.70467	Yes	1
PKT0182-E18	E18-PKT0182-1B	PKT0154-E18	E18-PKT0154-1A	0.70467	Yes	1
SKA0002-E18	E18-SKA0002-1A	SKA0011-E18	E18-SKA0011-1B	0.71646	Yes	1

ภาพที่ 3. 28 การแสดงคู่เซลล์ที่มีปัญหา MOD PCI ซ้ำกัน

หลังจากที่ทำการเขียนโปรแกรมเสร็จรีบร้อยแล้วก็ได้นำมาทดสอบกับข้อมูลจริง เพื่อที่จะแก้ไขปัญหาในแต่ละวัน หลังจากทดสอบก็แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับโปรแกรมไปจนไม่มีข้อผิดพลาดเหลือแล้ว จึงไม่นำมาใช้จริง เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ส่งให้ทีมงานวางแผนกำหนด PCI ใหม่กันต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 จัดโค้ดให้เป็นระเบียบเพื่อให้ง่ายต่อคนที่มาศึกษา

```
    Calculate


'fullfill LAT
    Range("E2").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VLOOKUP(RC[-4],EP!C[-4]:C[-1],4,0)"
    Range("E2").Select
    Selection.AutoFill Destination:=Range("E2:E" & Countlastcell - 1)
    Range("E:E").Copy
    Range("E1").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
    Calculate

'fullfill Abbreviation
    Range("F2").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=LEFT(RC[-5],3)"
    Range("F2").Select
    Selection.AutoFill Destination:=Range("F2:F" & Countlastcell - 1)
    Calculate
    Range("F:F").Copy
    Range("F1").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False


'fullfill REGION
    Range("G2").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VLOOKUP(RC[-1],PROVINCE!C[-6]:C[-5],2,0)"
    Range("G2").Select
    Selection.AutoFill Destination:=Range("G2:G" & Countlastcell - 1)
    Calculate
    Range("G:G").Copy
    Range("G1").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
```

ภาพที่ 3. 29 ตัวอย่างโค้ดหลังจากจัดระเบียบแล้ว

จากภาพที่ 3.29 จะเห็นได้ว่าโค้ดมีการจัดเรียง โดยมีคอมเม้นขั่นไว้ว่าส่วนไหนมีหน้าที่ทำอะไรบ้าง

เหตุผลที่ต้องเลือกใช้วิธีนี้เป็นเพราะว่า ทางบริษัทหัวเหว่ยนั้นมีบุคลากรที่สามารถแก้ไขค่า PCI ได้หลายคนด้วยกัน และนอกจากนั้นโปรแกรมที่ทางบริษัทได้ใช้ก็ยังมีข้อผิดพลาดจนไม่สามารถเชคได้หมดทุกคู่เซลล์ว่าเซลล์ไหนมี PCI ซ้ำกันบ้างได้หมด รวมไปถึงปัญหาที่ทางบริษัทดีแทค กำลังจะเสียสัมปทานคลื่นความถี่ 850 MHz ทำให้ในช่วงนี้จะมีการขึ้นไซต์ใหม่อยู่เรื่อยๆ ส่งผลให้มีการกำหนดค่า PCI ขึ้นใหม่อยู่เรื่อยๆ ซึ่งการกำหนดค่า PCI ทุกครั้งมีโอกาศที่ PCI ไซต์ใหม่นั้นจะไปชนกับไซต์เก่าก็มีเช่นกัน

ส่วนเหตุผลที่ใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซลนั้นเพราะว่าทางพนักงานบริษัทหัวเหว่ยทุกคนใช้โปรแกรมนี้ ซึ่งทำให้เป็นที่สะดวกมากที่จะถูกนำไปใช้ต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

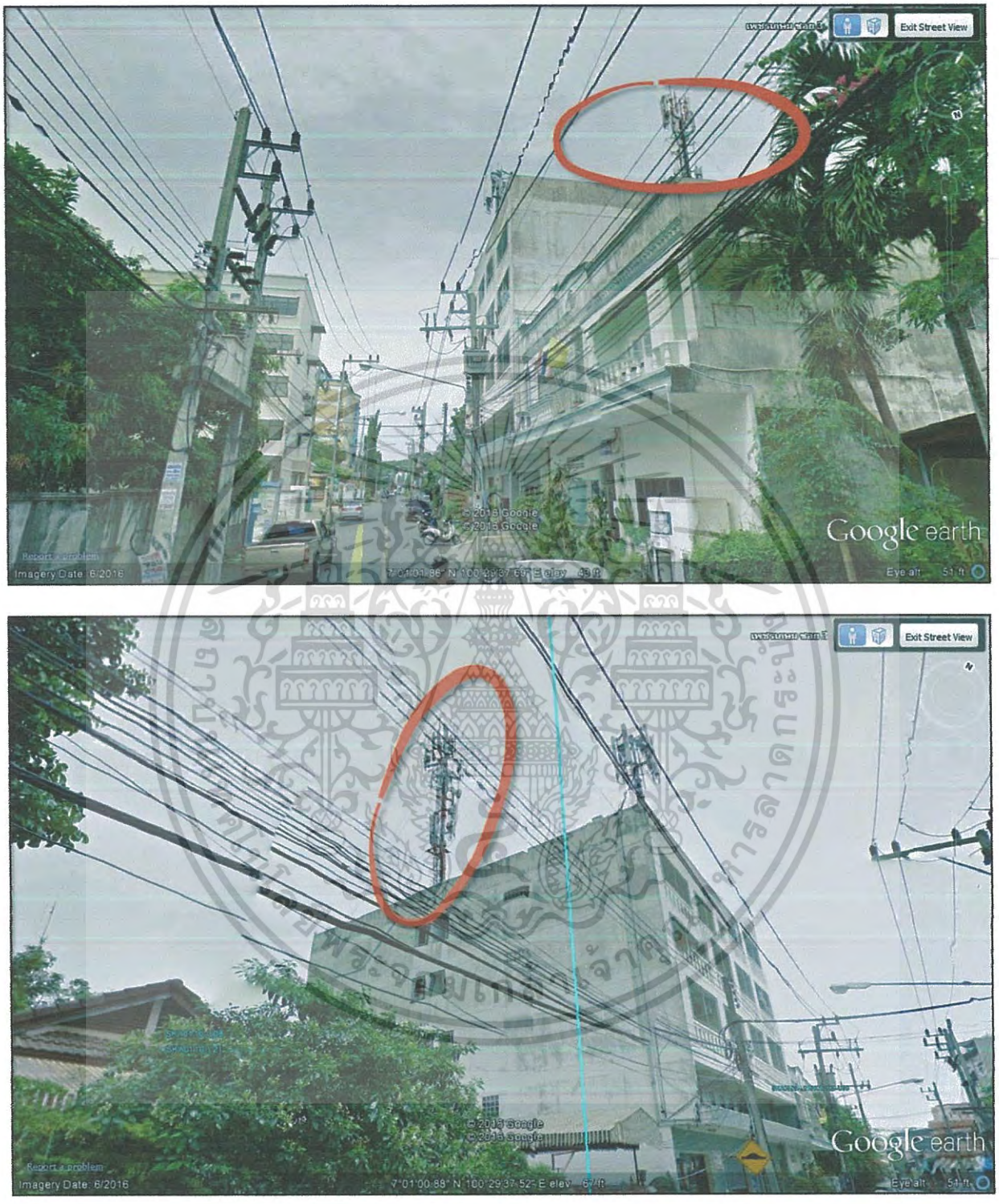
การจัดทำโปรแกรมตรวจจับการชนกันของ PCI เพื่อปรับปรุงคุณภาพโครงข่าย LTE ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการรบกวนกันของสัญญาณที่มี PCI เหมือนกัน โดยใช้ข้อมูลจาก Live Network แล้วนำข้อมูลแต่ละเซลล์มาเทียบวัดระยะทาง ถ้าใกล้กว่าที่กำหนดไว้ให้คู่เซลล์นั้นแสดงออกมา เพื่อส่งให้ทีม Planning นำไปวางแผนการตั้งค่าต่างๆใหม่ต่อไป

ผลการพัฒนาโปรแกรม

การพัฒนาโปรแกรมตรวจจับการชนกันของ PCI เพื่อปรับปรุงคุณภาพโครงข่าย LTE ด้วยโปรแกรม Microsoft Excelนี้ ผู้จัดทำได้เริ่มต้นดำเนินงานตามขั้นตอนการดำเนินงานที่ได้เสมอไปในบทที่3 แล้ว และได้นำไปให้ทาง RF Planning Engineer ได้รับรู้เกี่ยวกับผลลัพธ์หลังจากที่รันเสร็จแล้ว ได้นำไปปรับปรุงค่า PCI ให้ไม่ซ้ำกันแล้วมีผลที่ดีขึ้น ซึ่งมีบางไซต์ที่ค่อนข้างมีปัญหาแล้วหลังจากปรับแก้ค่ามีผลที่ดีขึ้นมาก เช่นไซต์ SKA0358 จากภาพที่ 4.1,4.2 , SKA0353 จากภาพที่ 4.3, 4.4 และเทียบตำแหน่งของทั้งสองไซต์จากภาพที่ 4.5

ภาพที่ 4. 1 บริเวณไซต์ SKA0358

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

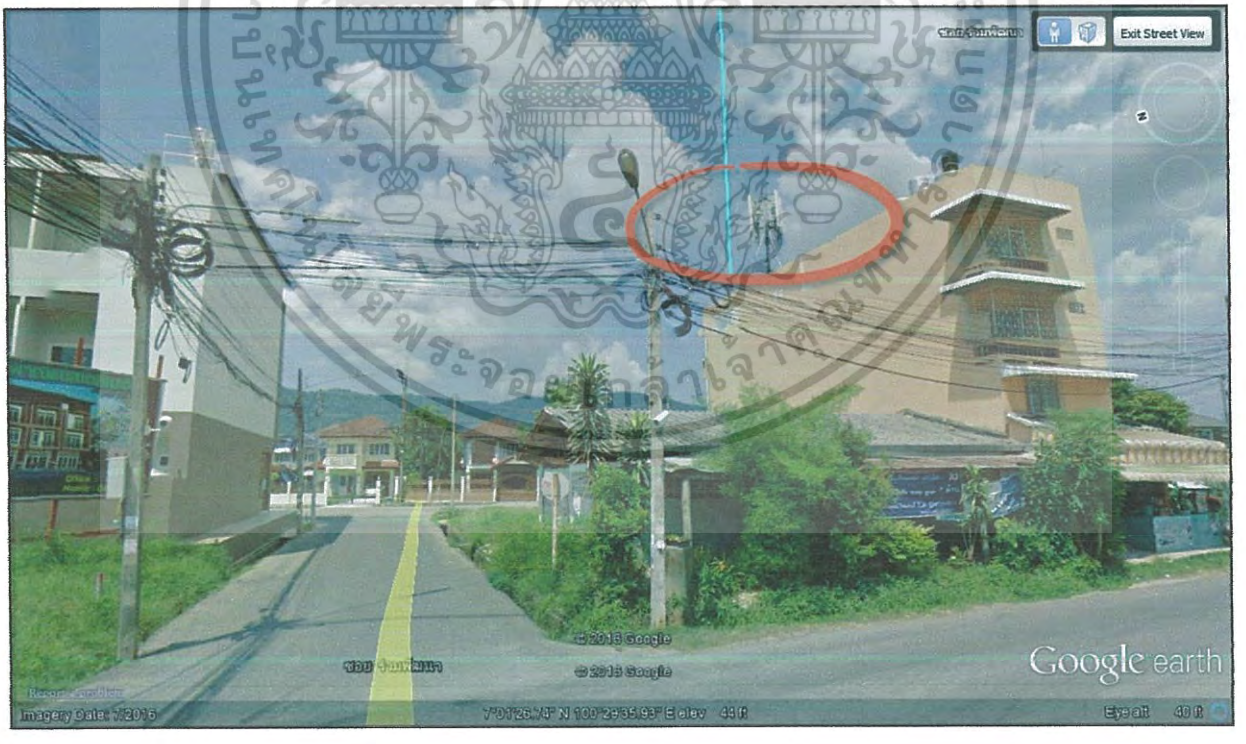


ภาพที่ 4. 2 จุดที่เสาสัญญาณติดตั้งอยู่ของ SKA0358

จากภาพที่ 4.1 และ 4.2 จะเห็นได้ว่าไซต์ SKA0358 นั้นอยู่บนตึกสูง 5 ชั้นและอยู่ในเขตชุมชน แสดงว่ามีผู้ใช้งานเข้ามาใช้งานในไซต์นี้เป็นจำนวนมาก

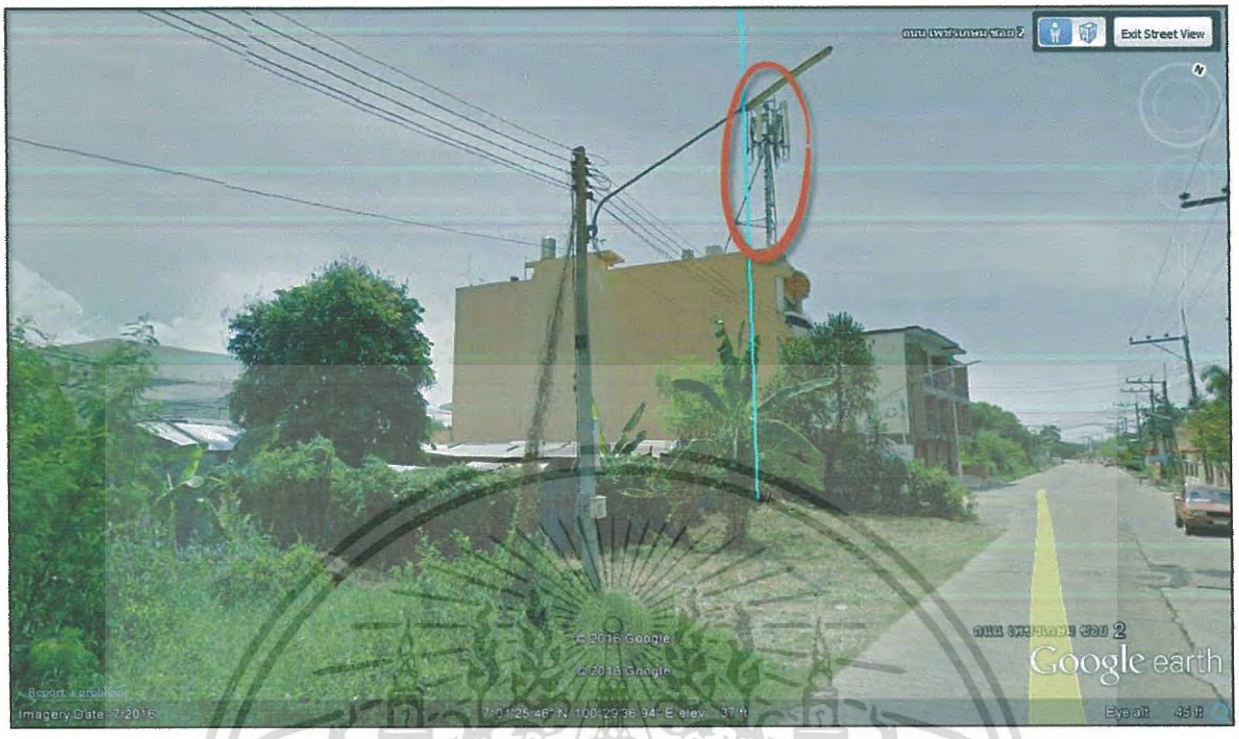
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4. 3 บริเวณไซต์ SKA0353



ภาพที่ 4. 4 จุดที่เสาสัญญาณติดตั้งอยู่ของ SKA0353

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4. 4 จุดที่เสาสัญญาณติดตั้งอยู่ของ SKA0353

จากภาพที่ 4.3 และ 4.4 จะเห็นได้ว่าไซต์ SKA0353 อยู่บริเวณที่ค่อนข้างติดภูเขาและมีที่อยู่อาศัยในบริเวณนั้นน้อยกว่าไซต์ SKA0358 ทำให้มีผู้ใช้งานที่เข้ามาใช้ในไซต์นี้น้อยกว่าไซต์ SKA0358 แต่ระยะการให้บริการของแต่ละไซต์นั้นไปไกลมากกว่า 1 กิโลเมตรแน่นอน จึงมีโอกาสที่สัญญาณจากไซต์ SKA0353 จะไปอยู่ในระยะการให้บริการของไซต์ SKA0358 เป็นที่แน่นอนที่จะเกิดปัญหาการชนกันของ PCI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4. 5 ตำแหน่งระหว่าง SKA0353 กับ SKA0358

จากภาพี่ 4.5 จะเห็นได้ว่าไซต์ SKA0358 และ SKA0353 นั้นมีตำแหน่งที่อยู่ใกล้กันมากซึ่งเมื่อใช้โปรแกรมตรวจสอบแล้วทำให้ทราบว่าทั้งอยู่นั้นอยู่ห่างกันเพียง 750 เมตร ตามตารางที่ 4.1

โปรแกรมตรวจสอบออกมาแล้วได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 4. 1 ตัวอย่างผลลัพธ์จากโปรแกรม

	L2100_CellName	L2100CellName	PCI	Distance(km)
1	L21-SKA0358-1B	L21-SKA0353-1C	113	0.758465
2	L21-SKA0358-1A	L21-SKA0353-1A	111	0.758465
3	L21-SKA0358-1C	L21-SKA0353-1B	112	0.758465

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าทั้งสามคู่เซลล์นั้นมี PCI ซ้ำกันอยู่ในระยะ 750 เมตร โดยไซต์แต่ละไซต์นั้นมีระยะทางในการส่งออกไปได้ไกลไม่เกิน TA index7 ซึ่ง TA คือ จำนวนครั้งที่ UE เข้ามาใช้งานในแต่ละเซลล์ ส่วนindexเป็นเลขที่บอกระยะทาง โดยindex7 ระยะทางจะอยู่ที่ 6 – 14 กิโลเมตร ตามภาพที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TA counter

Counter ID	Counter Name	Counter Description	Distance
1526728956	L.RA.TA.UE.Index0	Number of times the TA value is 0 or 1 (index 0) in a UE-initiated random access procedure in a cell	0~156m
1526728957	L.RA.TA.UE.Index1	Number of times the TA value is 2 or 3 (index 1) in a UE-initiated random access procedure in a cell	156~234m
1526728958	L.RA.TA.UE.Index2	Number of times the TA value is ranging from 4 to 7 (index 2) in a UE-initiated random access procedure in a cell	234~546m
1526728959	L.RA.TA.UE.Index3	Number of times the TA value is ranging from 8 to 13 (index 3) in a UE-initiated random access procedure in a cell	546~1014m
1526728960	L.RA.TA.UE.Index4	Number of times the TA value is ranging from 14 to 25 (index 4) in a UE-initiated random access procedure in a cell	1014~1950
1526728961	L.RA.TA.UE.Index5	Number of times the TA value is ranging from 26 to 45 (index 5) in a UE-initiated random access procedure in a cell	1950-3510
1526728962	L.RA.TA.UE.Index6	Number of times the TA value is ranging from 46 to 85 (index 6) in a UE-initiated random access procedure in a cell	3510-6630
1526728963	L.RA.TA.UE.Index7	Number of times the TA value is ranging from 86 to 185 (index 7) in a UE-initiated random access procedure in a cell	6630~14430
1526728964	L.RA.TA.UE.Index8	Number of times the TA value is ranging from 186 to 385 (index 8) in a UE-initiated random access procedure in a cell	14430~30030
1526728965	L.RA.TA.UE.Index9	Number of times the TA value is ranging from 386 to 685 (index 9) in a UE-initiated random access procedure in a cell	30030~53430
1526728966	L.RA.TA.UE.Index10	Number of times the TA value is ranging from 686 to 985 (index 10) in a UE-initiated random access procedure in a cell	53430~76830
1526728967	L.RA.TA.UE.Index11	Number of times the TA value is greater than 985 (index 11) in a UE-initiated random access procedure in a cell	>76830

ภาพที่ 4. 6 ตารางการวัด TA index [19]

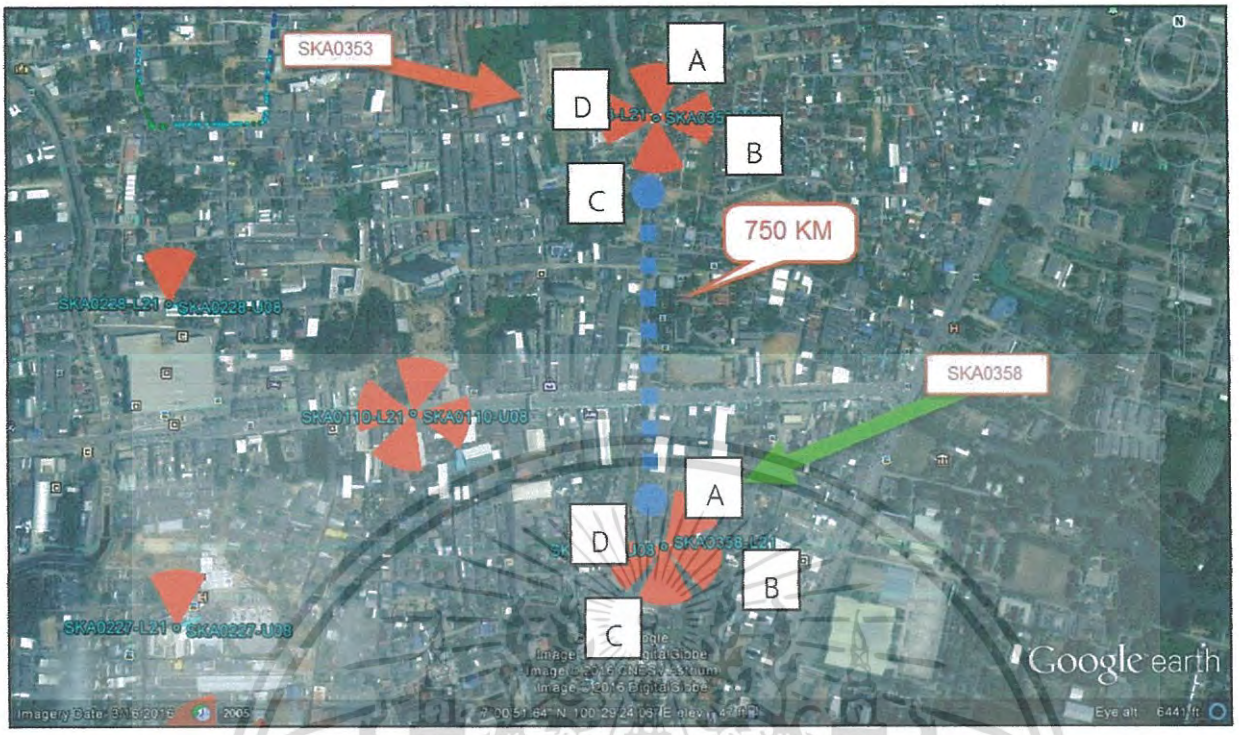
นี่คือข้อมูล จำนวน UE ที่สามารถเข้าใช้งานได้ในแต่ละระยะ Index

Date	eNodeB Name	eNodeB Function Name	Cell Name	Index0	Index1	Index2	Index3	Index4	Index5	Index6	Index7	Index8	Index9	Index10	Index11
07/22/2016	SKA0358-UL	SKA0358-L21	L21-SKA0358-1D	2417	16060	7593	1554	298	155	22	2	0	0	0	0
07/22/2016	SKA0358-UL	SKA0358-L21	L21-SKA0358-1C	653	5917	17219	4915	1253	6	0	1	0	0	0	0
07/22/2016	SKA0358-UL	SKA0358-L21	L21-SKA0358-1B	749	4917	19824	5240	3160	263	0	0	0	0	0	0
07/22/2016	SKA0358-UL	SKA0358-L21	L21-SKA0358-1A	740	3584	14357	6794	659	3061	1715	0	0	0	0	0

Date	eNodeB Name	eNodeB Function Name	Cell Name	Index0	Index1	Index2	Index3	Index4	Index5	Index6	Index7	Index8	Index9	Index10	Index11
07/22/2016	SKA0358-UL	SKA0358-L21	L21-SKA0358-1D	2417	16060	7593	1554	298	155	22	2	0	0	0	0
07/22/2016	SKA0358-UL	SKA0358-L21	L21-SKA0358-1C	653	5917	17219	4915	1253	6	0	1	0	0	0	0
07/22/2016	SKA0358-UL	SKA0358-L21	L21-SKA0358-1B	749	4917	19824	5240	3160	263	0	0	0	0	0	0
07/22/2016	SKA0358-UL	SKA0358-L21	L21-SKA0358-1A	740	3584	14357	6794	659	3061	1715	0	0	0	0	0

จะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่ UE สามารถเข้าใช้งานได้ในระยะ Index 1, 2, 3, 4 หรือ 200 เมตร – 1 กิโลเมตร เพราะฉะนั้นโอกาสที่สัญญาณที่มี PCI เหมือนกันจะถูกปล่อยออกมาในตำแหน่งเดียวกันมีสูงมาก ดูได้จากภาพที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



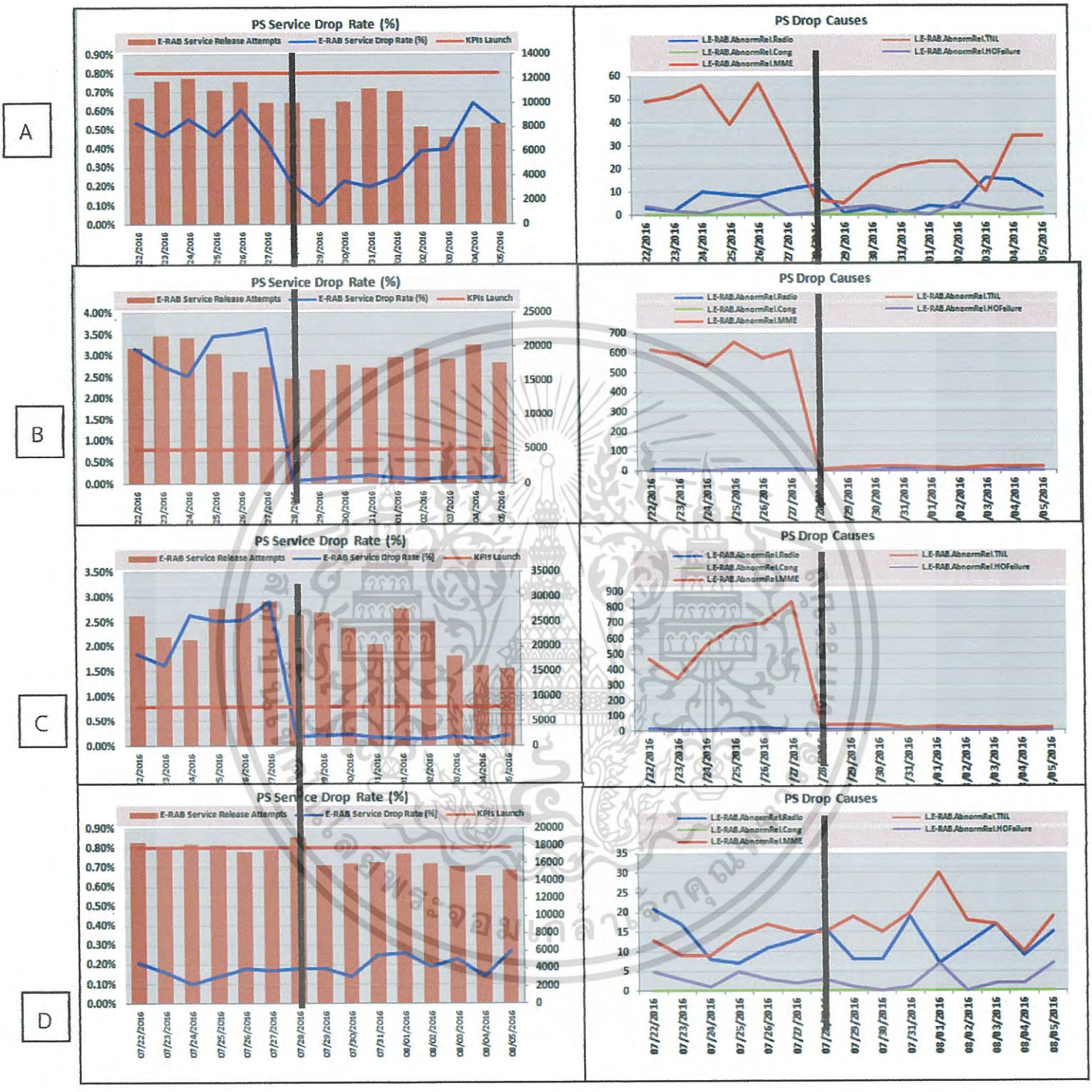
ภาพที่ 4. 7 เทียบระยะทางระหว่างสองไซต์

จากภาพที่ 4.7 เป็นการอธิบายถึงระยะห่างระหว่างทั้งสองไซต์ว่าห่างกัน 750 เมตร ตามที่โปรแกรมได้คำนวนออกมา และอธิบายเพิ่มเติมถึงตำแหน่งของเซลล์ A B C D

หลังจากที่เราใช้โปรแกรมเชคและแก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้ว ค่า KPI ที่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดคือ

- PS service drop rate อัตราการหลุดของ Packet service
- PS drop cause เหตุผลที่บอกว่าทำไม Packet service ถึงหลุด

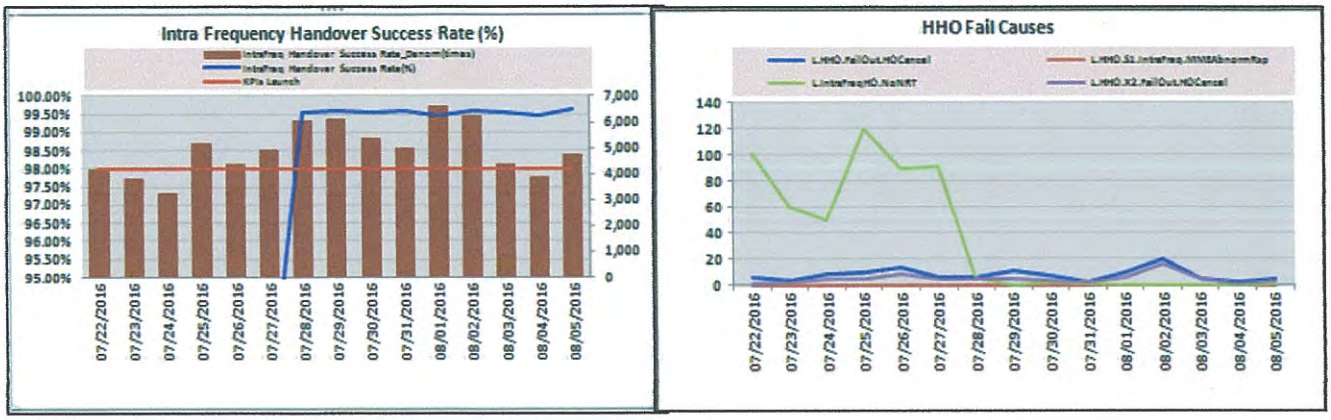
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4. 8 KPI จาก SKA0353

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C

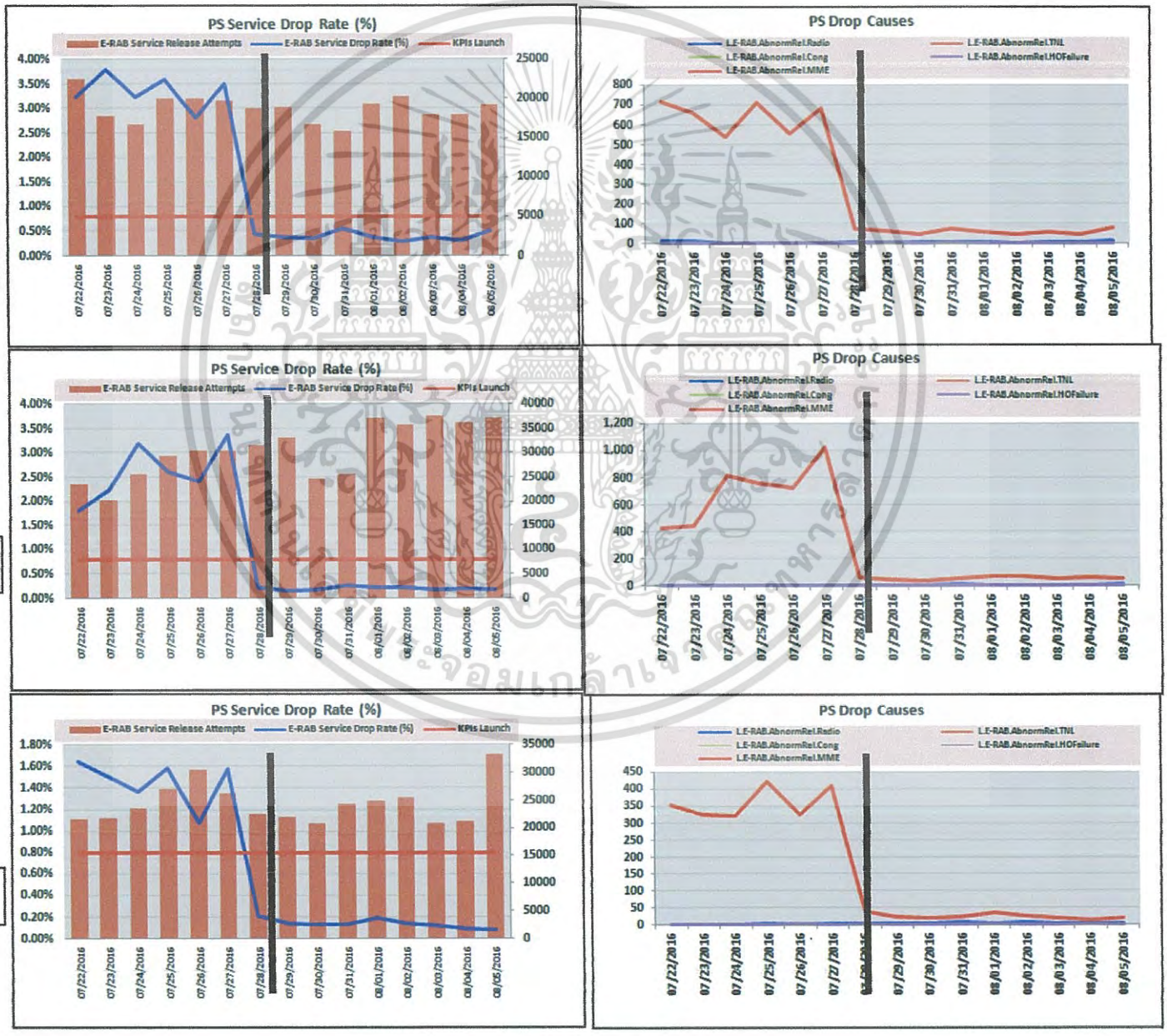


ภาพที่ 4. 8 KPI จาก SKA0353

A

B

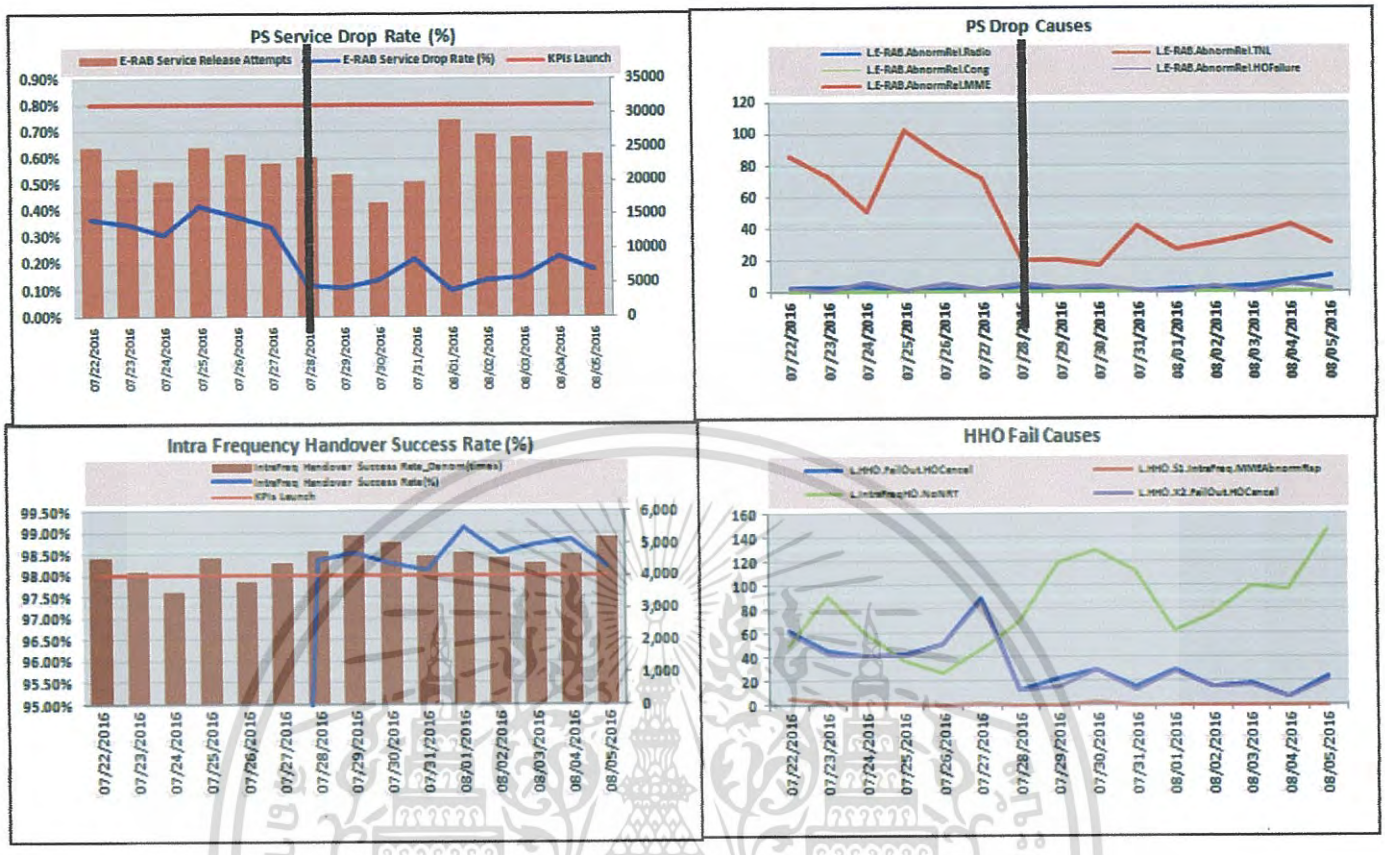
C



ภาพที่ 4. 9 KPI จาก SKA0358

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

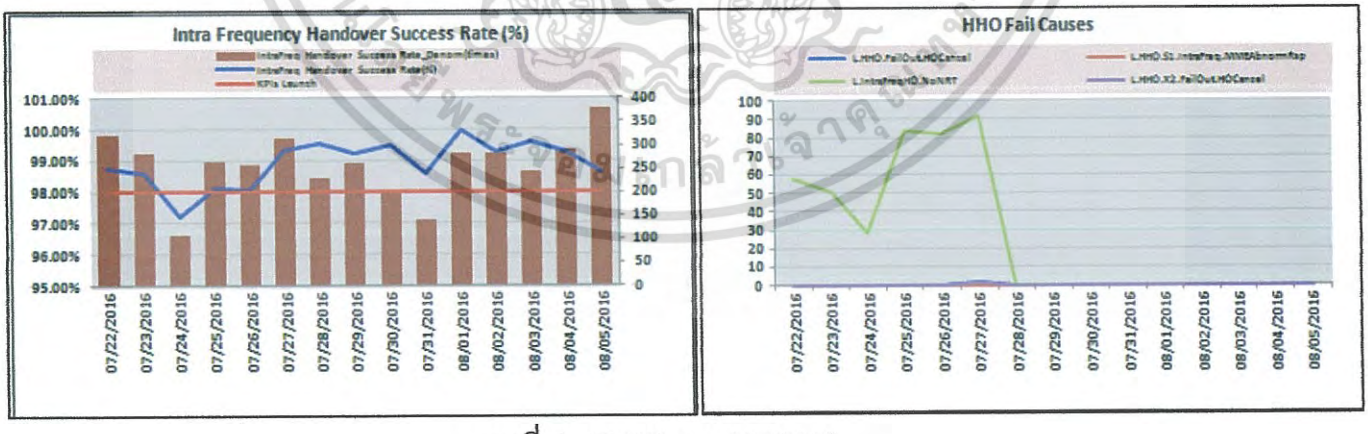
D



A

ภาพที่ 4. 9 KPI จาก SKA0358

A



ภาพที่ 4. 10 KPI จาก SKA0110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.8 – 4.10 จะเห็นได้ว่าในช่วงวันที่ 22 - 27 กรกฎาคม 2016 คือช่วงที่ทั้งสองไซต์มี PCI ที่ซ้ำกันแล้วเกิดปัญหา เมื่อผู้ใช้เริ่มใช้งานอินเทอร์เน็ตหรือการใช้งานใดๆที่มีการโอนถ่ายข้อมูล จะเกิดปัญหาใช้งานไม่ค่อยได้หรือต้องรอนานกว่าจะใช้งานได้ สามารถดูได้จากภาพที่ 4.8 และ 4.9 ว่า กราฟ PS drop service หรือ อัตราการหลุดจากการใช้งานอินเทอร์เน็ตนั้นมีค่าสูงมากกว่า 0.8 เปอร์เซ็นตามที่บริษัทหัวเหว่ยได้กำหนดไว้ ถือเป็นปัญหาต่อผู้ใช้งาน และกราฟ PS drop causes หรือ เหตุผลที่ทำให้เกิดการหลุดของอินเทอร์เน็ต ซึ่งค่าของ MME สูงมาก แสดงว่ามีปัญหาที่ไม่สามารถแฮนด์โอเวอร์ได้ ซึ่งหลังจากการปรับแก้ไม่ให้ PCI ซ้ำกันแล้วนั้นจะเห็นได้ชัดเลยว่า ค่า KPI เปลี่ยนแปลงไปอย่างมากในทางที่ดีขึ้น

ส่วนภาพที่ 4.10 เป็นกราฟจากไซต์ SKA0110 ซึ่งอยู่ใกล้ๆกับไซต์ SKA0358 และ SKA0353 สามารถดูไซต์ SKA0110 ได้จากภาพที่ 4.7 จะเห็นค่าในกราฟ Intra Frequency Handover Success Rate หรือ อัตราการแฮนด์โอเวอร์สำเร็จ ได้ว่ามีค่าที่ค่อนข้างต่ำและบางวันตกลงไปต่ำกว่ามาตรฐานที่บริษัทหัวเหว่ยกำหนด และกราฟ HHO Fail Causes หรือ เหตุผลที่แฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ จะเห็นได้ว่าจำนวนครั้งที่แฮนด์โอเวอร์ไม่ได้มีสูงมาก แต่เมื่อแก้ไข PCI แล้ว ค่าของทั้งสองกราฟก็ต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด

ซึ่งสาเหตุหลักที่เป็นเช่นนี้เกิดจากมือถือไม่สามารถตัดสินใจในการแฮนด์โอเวอร์ได้และเกิดการรบกวนกันของสัญญาณที่มี MODPCI ที่ซ้ำกัน สามารถดูได้จากกราฟ Intra Frequency Handover Success ที่แสดงถึงอัตราความสำเร็จในการแฮนด์โอเวอร์และกราฟ HHO Fail Causes ที่แสดงถึงสาเหตุว่าทำไมถึงไม่สามารถแฮนด์โอเวอร์ ได้

สุดท้ายในการใช้งานมือถือนั้นจะมีบริการอยู่สองแบบคือ Circuit Swtch Service การโทรศัพท์ และ Packet Switch Service การใช้งานอินเทอร์เน็ต ซึ่งผู้ใช้งานจะรู้สึกไม่พอใจหากการโทรศัพท์มีปัญหามากกว่า เพราะการโทรศัพท์เป็นการใช้งานแบบ Real Time ทำให้ผู้ใช้งานขาดการเชื่อมต่อทันที ส่วนการใช้งานอินเทอร์เน็ตผู้ใช้จะเข้าใจว่าความเร็วอินเทอร์เน็ตต่ำลงเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินการ และข้อเสนอแนะ

การจัดทำโปรแกรมตรวจจับการชนกันของPCIเพื่อปรับปรุงคุณภาพโครงข่าย LTE ด้วย Microsoft excel โดยใช้ภาษา VBA นั้นสามารถอธิบายสรุปผลการดำเนินดารและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.1 การดำเนินงานจัดทำโครงงาน

5.1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

5.1.1.1 เพื่อป้องกันปัญหาการชนกันของPCI

5.1.1.2 เพื่อป้องกันปัญหาการชนกันของMODPCI

5.1.2 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือหรือโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนา

5.1.2.1 คอมพิวเตอร์พร้อมเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

5.1.2.2 ซอร์ฟแวร์

- Microsoft Excel
- iManager U2000
- Mapinfo
- GoogleEarth

5.2 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

การจัดทำโปรแกรมตรวจจับการชนกันของPCIเพื่อปรับปรุงคุณภาพโครงข่าย LTE ด้วย Microsoft excel โดยใช้ภาษา VBA นี้ผู้จัดทำได้เริ่มดำเนินงานตามขั้นตอนการดำเนินงานที่เสนอในบทที่ 3 และได้นำข้อมูลจาก Live Network มาประมวลผล และได้ผลลัพธ์ออกมา นำไปแจ้งให้ทีม planning แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ทำให้ค่า KPI ดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด จึงเป็นโปรแกรมที่มีประโยชน์ สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ เหมาะสำหรับนำมาใช้แก้ปัญหาจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

5.3.1.1 โปรแกรมนี้มีรูปแบบการใช้งานที่เอื้อให้ผู้ใช้งานนั้นปรับค่าต่างๆได้ง่าย แต่ก็อาจจะมีการปรับค่าที่ไม่พอต่อความต้องการของผู้ใช้ จึงอาจจะเกิดปัญหาผู้ใช้ไม่พอใจได้

5.3.1.2 โปรแกรมนี้ค่อนข้างใช้เวลานานในการประมวลผล แต่สามารถเปิดไฟล์ Excel ตัวอื่นพร้อมกันได้

5.3.2 ปัญหา อุปสรรค

5.3.2.1 คอมพิวเตอร์เป็นรุ่นที่เก่า ทำให้การประมวลผลเพื่อหาค่าผลลัพธ์เป็นไปได้อย่างลำบาก

5.3.2.2 ผู้จัดทำได้ทำโปรแกรมเป็นครั้งแรก จึงใช้เวลาพอสมควรในการค้นคว้าหาวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] "ทำความรู้จักกับ 4G LTE คืออะไร". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
http://news.siamphone.com/news-13123.html 2556.

[2] "LTE เทคโนโลยีสื่อสารแห่งยุค 4G". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
https://khunpai.wordpress.com/2011/08/19/lte-เทคโนโลยีสื่อสารแห่งยุค/ 2011.

[3] "โครงการศึกษาวิวัฒนาการและแนวโน้มของศาสตร์ในสาขาวิศวกรรมโทรคมนมคมประเภทไร้สาย".
[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://libdoc.dpu.ac.th/research/108154.pdf 2547.

[4] "สถาปัตยกรรมเครือข่าย LTE". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
https://khunpai.files.wordpress.com/2011/08/0031.jpg?w=500

[5] "Survey of ICIC Techniques in LTE Networks under Various Mobile Environment
Parameters" .[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
https://www.researchgate.net/publication/282601918_ Survey_of_ICIC_Techniques
_under_Various_Mobile_Environment_Parameters 2015.

[6] "Handover Operation" .[ออนไลน์] .เข้าถึงได้จาก :
http://www.wirelessdictionary.com/Wireless-Dictionary-Handover-HANDO-Definition.htm
2010.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[7] "Neighbor Handover" . [ออนไลน์] .เข้าถึงได้จาก :
http://image.slidesharecdn.com/2drivetestanalysisver1-141119003732-conversion-gate02/95/2-drive-test-analysis-ver1-51-638.jpg?cb=1416358148

[8] "Cell identity collision and confusion" .[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก :
https://www.hindawi.com/journals/ijdsn/2012/973713/fig2/

[9] Harsh Vadada. "LTE PCI Planning". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.telecom-cloud.net/wp-content/uploads/2010/09/PCI-Planning-for-LTE.pdf

[10] Dr.Pornpawit Boonsrimuang. "ทฤษฎีพื้นฐานระบบโอเอฟดีเอ็ม". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
http://www.teacher.ssru.ac.th/pornpawit_bo/file.php/1/Introduction_of_OFDM/OFDM_basics.pdf

[11] "OFDM เทคโนโลยีสำหรับการสื่อสารแห่งอนาคต". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
http://www.tmi.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=263&catid=27:it-infrastructure&Itemid=49 2008.

[12] "State-of-the-art of OFDM signals PAPR reduction" .[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
http://greenwaves-tech.blogspot.com/ 2015.

[13] "RF Interference " .[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก : http://www.rfwireless-world.com/Terminology/rf-interference.html 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[14] "LTE Drive Test Parameters". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://telecom-knowledge.blogspot.com/2016/09/lte-drive-test-parameters.html

[15] "LTE Basics" .[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.slideshare.net/praveenkmr78/lte-basics 2013

[16] "RSSI : Received Signal Strength Indication". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://telecom10.blogspot.com/search/label/RSSI 2558.

[17] "State-of-the-art of OFDM signals PAPR reduction ". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://greenwaves-tech.blogspot.com 2015.

[18] "ASEAN INTERNET SPEEND INDEX 2014". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://blog.eduzones.com/images/blog/intrain/20140509-1399648734.19-6.png 2014.

[19] "HUAWEI LTE Timing Advance PM Data" .[ออนไลน์] . เข้าถึงได้จาก : http://www.slideshare.net/RayKhastur/huawei-lte-timing-advance

[20] "Slot Structure". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://image.slidesharecdn.com/ltetutorialfemtoforumpart1-130814003455-phpapp02/95/lte-basics-8-638.jpg?cb=1376440513

[21] "LTE turbo code BLER (AWGN channel) vs. code block size ". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.researchgate.net/figure/235692900_fig3_Fig-5-LTE-turbo-code-BLER-AWGN-channel-vs-code-block-size 2013.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้