

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีระบุตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในเครือข่ายเซลลูลาร์แบบซีดีเอ็มเอ



นาย ภาณุวัฒน์ ร่วมรักษ์

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

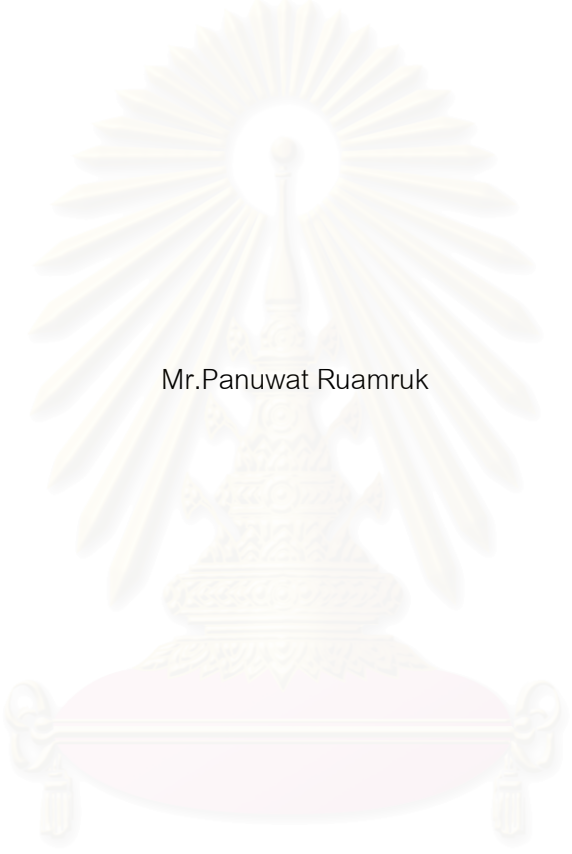
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-2661-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A COMPARATIVE STUDY OF MOBILE LOCATION METHODS IN CDMA CELLULAR NETWORKS



Mr.Panuwat Ruamruk

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Science

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-2661-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาเปรียบเทียบวิธีระบุตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในเครือข่าย
 เซลลูลาร์แบบซีดีเอ็มเอ
โดย นายภาณุวัฒน์ ร่วมรักษ์
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.ชัย พงศ์พันธุ์ภาณี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จงสฤษดิ์วัฒนา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.ชัย พงศ์พันธุ์ภาณี)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ หนูไพโรจน์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ชัยศิริ ปั่นทิตานนท์)

ภาณุวัฒน์ ร่วมรักษ์ :การศึกษาเปรียบเทียบวิธีระบุตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในเครือข่ายเซลลูลาร์แบบซีดีเอ็มเอ (A COMPARATIVE STUDY OF MOBILE LOCATION METHODS IN CDMA CELLULAR NETWORKS).

อ.ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.ชัย พงศ์พันธุ์ภาณี, 80 หน้า. ISBN 974-17-2661-9.

การระบุตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นการคำนวณพิกัด โดยใช้ข้อมูลจากสัญญาณที่รับส่งระหว่างเครื่องโทรศัพท์และสถานีฐานของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ วิธีการระบุตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ มีอยู่หลายวิธีได้แก่ วิธีคำนวณโดยใช้การวัดผลต่างของเวลาของสัญญาณที่เดินทางมาถึงเครื่องรับ (TOA/TDOA)และวิธีคำนวณโดยใช้การวัดทิศทางการมาถึงของสัญญาณ(AOA)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของวิธีคำนวณตำแหน่งทั้งสองแบบ ในสภาพแวดล้อมที่มีการเดินทางของสัญญาณหลายเส้นทาง โดยใช้แบบจำลอง COST 207 และ แบบจำลอง flat fading จากการทดลองพบว่าวิธีการคำนวณตำแหน่งโดยใช้การวัดผลต่างของเวลาของสัญญาณที่ได้รับให้ประสิทธิภาพความแม่นยำมากกว่า 30-40% เมื่อเทียบกับวิธีคำนวณตำแหน่งโดยใช้การวัดทิศทางการมาถึงของสัญญาณ

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2545

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4271454221 : MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEY WORD: MOBILE LOCATON / CELLULAR NETWORK

PANUWAT RUAMRUK : A COMPARATIVE STUDY OF MOBILE LOCATION METHODS
IN CDMA CELLULAR NETWORKS. THESIS ADVISOR :CHAI PHONGPHANPHANEE,
Ph.D. 80 pp. ISBN 974-17-2661-9.

Mobile location is a mobile service that allow cellular networks to identify position of a mobile station. The mobile position can be obtained by calculating signals that transmitted between the mobile and base stations. Several mobile location methods such as the angle of arrival (AOA) and the time difference of arrival (TDOA) were proposed to be suitable candidate for CDMA cellular networks. The accuracy of mobile location methods depends on several factors including mobile propagation environments. The objective of this thesis is to compare the performance of the AOA and TDOA algorithms in multipath fading and NLOS environment. We use COST 207 and flat fading for radio channel modelling and scattering ring model for NLOS modelling. Our experiments showed that the TDOA method gives 30 to 40% better accuracy than AOA method.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Computer Engineering

Field of study Computer Science

Academic year 2002

Student's signature.....

Advisor's signature.....

Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วง ได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่ง จากอาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ชัย พงศ์พันธุ์ภาณี ซึ่งท่านเป็นอาจารย์ที่ให้แนวทาง และข้อเสนอแนะ ตลอดมาขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จงสฤษดิ์วิวัฒนา อาจารย์ ชัยศิริ ปัตนิตานนท์ และอาจารย์ ดร. ณัฐวุฒิ หนูไพโรจน์ ที่ได้เสียสละเวลาในการให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขจุดบกพร่องต่างๆ และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ผู้สอนทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ตลอดระยะเวลาที่ผู้วิจัย ได้เข้ามาศึกษา ณ สถาบันแห่งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การอุปการะ และกำลังใจ แก่ผู้วิจัยตลอดมา



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ณ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
3. รูปแบบและวิธีการจำลอง ผลลัพธ์การจำลองการค้นหาตำแหน่งระบบ โทรศัพท์เคลื่อนที่แบบซีดีเอ็มเอ.....	31
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	50
5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	53
รายการเอกสารอ้างอิง.....	54
ภาคผนวก	
ก. คำอธิบายแผนภาพการไหลของข้อมูล(Data Dictionary)	57
ข. คำอธิบายองค์ประกอบการจำลองด้วย MathLab Simulink Program	65
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	77

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงตารางสรุปเปรียบเทียบวิธีการคำนวณตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่	20
ตารางที่ 2.2	แสดงเปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียของวิธีการคำนวณ ตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่	21
ตารางที่ 2.3	ตารางแสดง Power Delay Profile ในแต่ละเส้นทาง Multipath COST 207.....	24
ตารางที่ 2.4	แสดงค่าตัวแปรต่าง ๆ สำหรับสมการส่งสัญญาณแบบ กระเจิง.....	27

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างพื้นฐานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์.....	7
รูปที่ 2.2 แสดงการแบ่งการใช้ช่องสัญญาณในแบบ FDMA ,TDMA และ CDMA	8
รูปที่ 2.3 แสดงวิธีการแบ่งการใช้ช่องสัญญาณด้วยวิธีการ CDMA	9
รูปที่ 2.4 แสดงการวิธีการค้นหาตำแหน่งของวิธี Signal Strength.....	10
รูปที่ 2.5 แสดงการวิธีการค้นหาตำแหน่งของด้วยวิธี DCM.....	11
รูปที่ 2.6 แสดงการหาตำแหน่งของ MS ด้วยวิธี TOA.....	12
รูปที่ 2.7 แสดงการคำนวณหาตำแหน่งด้วยวิธี TDOA.....	16
รูปที่ 2.8 แสดงการหาตำแหน่งด้วยวิธี AOA	17
รูปที่ 2.9 แสดงวงโคจรดาวเทียมเพื่อการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธี GPS.....	18
รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของระบบ A-GPS	19
รูปที่ 2.11 แสดงสภาพแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่ง	22
รูปที่ 2.12 แสดงการเกิดปัญหา Multipath Fading Model	24
รูปที่ 2.13 แสดงสภาวะการเกิดปรากฏการณ์ Doppler Shift	25
รูปที่ 2.14 แสดงสภาวะการส่งสัญญาณแบบกระจาย (Scattering Ring).....	26
รูปที่ 3.1 แสดงการจำลองการส่งผ่านสัญญาณจาก MS ไปที่ BS ผ่านช่องสัญญาณ AWGN	32
รูปที่ 3.2 แสดงสัญญาณที่ Transmission Signal และ Receive Signal ที่สร้างโดยใช้ MathLab Simulink Toolbox Bit Error Rate(BER)=0%.....	33
รูปที่ 3.3 แสดงสัญญาณที่ Transmission Signal และ Receive Signal ที่สร้างโดยใช้ MathLab Simulink Toolbox Bit Error Rate(BER)=1.3%.....	34
รูปที่ 3.4 แสดงภาพความของระบบ(Context Diagram)สำหรับการจำลอง	35
รูปที่ 3.5 แผนภาพแสดงการไหลของข้อมูล(Data Flow Diagram)-DFD ระดับที่ 1.....	36
รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงการไหลของข้อมูล(Data Flow Diagram)-DFD ระดับที่ 2	37
รูปที่ 3.7 รูปแบบการจำลอง(Simulation System Model)สำหรับการคำนวณตำแหน่ง	38
รูปที่ 3.8 แสดงขั้นตอนการเตรียมข้อมูลก่อนการคำนวณตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่	40
รูปที่ 3.9 แสดง 6 BS ที่ใช้ในการทำการจำลองโดยกำหนดขนาดของรัศมี R.....	41
รูปที่ 3.10 แสดงรูปแบบการจำลองระบบหลักการคำนวณตำแหน่ง.....	43

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 3.11 โฟซาร์ทโปรแกรมสำหรับการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธี TOA และ TDOA ใน สภาพแวดล้อมแบบ Multipath Fading	45
รูปที่ 3.12 โฟซาร์ทโปรแกรมสำหรับการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธี TOA และ TDOA ใน สภาพแวดล้อมแบบ Scattering Propagation Model.....	46
รูปที่ 4.1 แสดงผลกระทบต่อบรรทัด BER สำหรับ COST-207 และ Flat-fading ในแต่ละความถี่ Doppler.....	50
รูปที่ 4.2 แสดงค่าความถูกต้องในการคำนวณตำแหน่งสำหรับวิธี TDOA และ AOA.....	52
รูปที่ ๕.1 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ Bernoulli Random Binary Generator.....	66
รูปที่ ๕.2 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ BPSK Modulator Baseband.....	68
รูปที่ ๕.3 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ Multi Path Rayleigh Fading Channel ...	69
รูปที่ ๕.4 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ AWGN Channel	70
รูปที่ ๕.5 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ BPSK Demodulator Baseband	71
รูปที่ ๕.6 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ Integer Delay	72
รูปที่ ๕.7 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ Error Rate Calculation	73
รูปที่ ๕.8 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ Display	74
รูปที่ ๕.9 แสดงรายละเอียด PN Sequence Generator.....	75
รูปที่ ๕.10 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ Save To Work Space	76

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ประวัติความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในชีวิตประจำวันของประชาชนชาวไทย ผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นไม่เพียงแต่โทรศัพท์เคลื่อนที่ในการติดต่อธุรกิจพูดคุยกัน หากยังใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในยามฉุกเฉินเพื่อแจ้งเหตุร้ายหรือแจ้งอุบัติเหตุ เป็นต้น ประเทศสหรัฐอเมริกาและประชาคมยุโรปได้ให้ความสำคัญต่อบริการระบุตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ในการเรียกบริการฉุกเฉิน ทั้งนี้โดยการกำหนดให้ผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ทุกรายต้องสามารถให้บริการแจ้งเหตุระบุตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่เรียกใช้บริการ E-911 (เหมือนบริการแจ้งเหตุ 191 ของประเทศไทย) โดยการบอกตำแหน่งผิดพลาดไม่เกิน 125 เมตร ในจำนวน 67 เปอร์เซนต์ของการคำนวณตำแหน่ง[1]

ปัจจุบันพบว่าระบบการค้นหาตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่(Mobile Location)-ML นำมาประยุกต์ใช้งานด้านต่าง ๆ เช่นการค้นหาตำแหน่งบุคคลสูญหาย ระบบการค้นหาข้อมูลตำแหน่ง เช่น ตำแหน่งของเครื่อง ATM หรือ ธนาคารที่ใกล้ที่สุด การเรียกบริการ

ระบบ ML ที่มีความสำคัญและถูกนำมาใช้ในปัจจุบันที่สำคัญได้แก่

ระบบ ML แบบ Angle Of Arrival-AOA ระบบการค้นหาตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยการวัดมุมที่ได้รับจาก MS และ BS หลักการก็คือเรารวัดมุมที่ได้รับของสัญญาณจาก MS ไปที่ BS อย่างน้อย 2 BS เมื่อสร้างสมการเส้นตรงจำนวน 2 สมการแล้วทำการแก้ไขสมการดังกล่าวก็ทำให้สามารถค้นหาตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้

ระบบ ML แบบ Time Difference Of Arrival-TDOA ระบบการค้นหาตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยนำมาผลต่างของเวลาที่ได้รับของคู่ของ BS จาก MS มาคำนวณตำแหน่ง หลักการก็คือเมื่อเราทราบผลต่างของเวลาที่ได้รับที่คู่ของ BS จาก MS ทำให้เราสามารถสร้างสมการไฮเพอร์โบลิก ซึ่งเป็นสมการที่บอกถึงผลต่างที่คงที่ระหว่างจุดใด ๆ ไปที่จุดอ้างอิงสองจุดซึ่งก็คือผลต่างของระหว่างตำแหน่งของ MS ไปที่ BS จำนวน 2 จุดคงที่ทำให้เราสามารถสร้างสมการไฮเพอร์โบลิกจำนวน 2 สมการและเมื่อแก้สมการไฮเพอร์โบลิกเพื่อหาจุดตัดทำให้เราสามารถหาตำแหน่งของ MS ได้

ระบบ ML แบบ Time Of Arrival-TOA หลักการก็คือเมื่อเราสามารถหาระยะเวลาการเดินทางของสัญญาณระหว่าง MS และ BS ทำให้เราสามารถหาระยะห่างระหว่าง MS และ BS เมื่อหาระยะห่างระหว่าง MS และ BS จำนวน 3 เส้นทางทำให้เราสามารถสร้างสมการได้แก่

สมการวงกลมจำนวน 3 สมการและเมื่อเราทำการแก้สมการดังกล่าวทำให้เราสามารถค้นหาตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้

นอกจากนี้เราทำการแบ่งระบบ ML ได้ออกเป็นระบบที่ต้องมีการปรับแก้ MS และระบบที่ไม่ต้องมีการปรับแก้ MS (Unmodified Handset) โดยที่ระบบที่มีการปรับแก้ MS (Modified Handset) นั้นเป็นระบบที่ทำการคำนวณตำแหน่งที่ MS ทำให้ต้องเพิ่มวงจรในการวัดการมาถึงของสัญญาณและการวัดมุมของสัญญาณโดยที่ทำการคำนวณตำแหน่งที่ MS โดยที่ตัวอย่างระบบที่ต้องมีการปรับแก้ MS ได้แก่ระบบ Global Positioning System(GPS) ข้อเสียของระบบที่มีการปรับแก้ MS ได้แก่เป็นการเพิ่มน้ำหนักและราคาเครื่องรับทำให้ไม่สะดวกในการพกพาแต่เหมาะสำหรับติดตั้งรถยนต์มากกว่า

วิธีการคำนวณตำแหน่ง MS ทำได้หลายวิธีได้แก่วิธี TOA ,TDOA,AOA แต่ละวิธีข้อดีและข้อเสียรวมทั้งข้อจำกัดในการวัดค่าความแม่นยำที่แตกต่างกัน ระบบ TOA เนื่องจากเป็นวิธีการที่วัดต้องการวัดการมาถึงของสัญญาณทำให้ต้องการความสอดคล้องของสัญญาณนาฬิกา ระหว่าง MS และ BS ค่าข้อข้างสูงการวัดการมาถึงผิดพลาด 1 μs จะให้ค่าความผิดพลาดในการวัดระยะทาง 300 เมตร

สำหรับวิธี TDOA นั้นเป็นการแก้ปัญหาเรื่องความสอดคล้องของสัญญาณนาฬิกา ระหว่าง MS และ BS โดยเพิ่มปกติขึ้นในแต่ละ BS จะทำการวัดค่าความสอดคล้องของสัญญาณจากเวลา GPS ซึ่งปกติมีความแม่นยำสูง ทำให้วิธี TDOA นั้นไม่ต้องการความแม่นยำในการวัดสัญญาณนาฬิกา ระหว่าง MS และ BS ทำให้เป็นวิธีการ TDOA เป็นวิธีการที่ลดข้อจำกัดของวิธี TOA

สำหรับวิธี AOA เป็นวิธีการที่วัดการมาถึงของมุมของสัญญาณที่ได้รับของสัญญาณที่ส่งจาก MS ไปที่ BS โดยต้องการเพียง 2 BS ในการระบบ ML ซึ่งเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมที่ไม่สามารถหา BS จำนวนมากกว่า 2 BS ซึ่งแตกต่างจากระบบ TDOA และ AOA ที่ต้องใช้อย่างน้อย 3 BS ในการคำนวณตำแหน่ง

จากข้อดีของระบบ TDOA และระบบ AOA ทำให้ผู้วิจัยทำการเลือกวิธีการคำนวณแบบ TDOA และ AOA มาทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบบ ML ถ้าเราทราบว่าค่าความแม่นยำในการคำนวณตำแหน่งของวิธี TDOA และวิธี AOA ว่าวิธีใดให้ค่าความแม่นยำมากกว่ากัน ในสภาพแวดล้อมการคำนวณตำแหน่งทำให้เราสามารถเลือกวิธีการคำนวณตำแหน่งที่เหมาะสมและทำให้เราเลือกวิธีการคำนวณตำแหน่งที่เหมาะสมในการเป็นวิธีการคำนวณตำแหน่งหลักของระบบต่อไป

โดยปกติงานวิจัย[8]โดยทำการอ้างอิงประสิทธิภาพจากค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการคำนวณตำแหน่งเพื่อวัดประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่ง แต่จาก[11]พบว่าเราสามารถทำการนำเสนอวิธีวัดประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่งในรูปแบบการวัดความถูกต้องของการคำนวณจากค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง(Percentage of success) ที่น้อยกว่า 125 เมตร ตามข้อกำหนดของหน่วยงานกลางในการให้บริการการเรียกโทรศัพท์ฉุกเฉิน แต่เนื่องจาก[11] เป็นเพียงการนำเสนอวิธีการคำนวณตำแหน่งแบบ TDOA สำหรับงานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่งแบบ TDOA และแบบ AOA ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการคำนวณตำแหน่งในระบบเครือข่ายเซลลูลาร์แบบซีดีเอ็มเอ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่งในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบซีดีเอ็มเอ โดยทำการศึกษาวิธีการคำนวณตำแหน่ง 2 วิธีได้แก่ ML แบบ AOA และ ML แบบ TDOA ใน สภาวะการส่งสัญญาณแบบกระเจิง(Scattering Propagation) และสภาวะการส่งสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทาง(Multipath Fading)

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้ ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพระบบ ML สำหรับวิธีการคำนวณตำแหน่งแบบ AOA และแบบ TDOA ในสภาพแวดล้อมการคำนวณต่าง ๆ ได้แก่ สภาวะการส่งสัญญาณแบบกระเจิงและสภาวะการส่งสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทาง

1.4 ขอบเขตของวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาและจำลอง(Simulation) เฉพาะเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบ ML แบบ TDOA และ AOA ในสภาพแวดล้อมการแบบ ใน สภาวะการส่งสัญญาณแบบกระเจิง(Scattering Propagation) และสภาวะการส่งสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทาง(Multipath Fading)

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

1. ศึกษาถึงวิธีการค้นหาตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ในปัจจุบัน ข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธีการค้นหาตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่เช่นระบบ TOA, AOA, TDOA เป็นต้น

2. เลือกวิธีการคำนวณตำแหน่งที่สำคัญมาทำการทดลองได้แก่วิธีการคำนวณตำแหน่งแบบ AOA และ TDOA มาทำการทดลองการหาประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่งโดยการมาทำการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์(Computer Simulation) โดยทำการจำลองออกเป็น สองส่วนได้แก่ ส่วนแรกการจำลองการทำงานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในระบบซีดีเอ็มเอ ส่วนที่สองแสดงการจำลองการนำเอาหลักการการจำลองการทำงานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ CDMA มาประยุกต์กับสำหรับระบบ ML
3. เปรียบเทียบผลกระทบด้านความประสิทธิภาพของระบบ ML ในสภาพแวดล้อมสำหรับวิธีการคำนวณแบบ AOA และ TDOA ในสภาวะการส่งสัญญาณแบบ ในสภาวะการส่งสัญญาณแบบกระเจิง(Scattering Propagation) และสภาวะการส่งสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทาง(Multipath Fading)
4. นำเสนอประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่งในรูปแบบของกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบ ML สำหรับวิธีการคำนวณแบบ AOA และ TDOA ในสภาวะในสภาวะการส่งสัญญาณแบบกระเจิง(Scattering Propagation) และสภาวะการส่งสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทาง(Multipath Fading)

1.6 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

บทที่ 1 ประวัติความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย ขอบเขตการทำวิจัย วิธีการดำเนินการวิจัย และโครงสร้างของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวคิด ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์ โครงสร้างและองค์ประกอบระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบซีดีเอ็มเอ ข้อดีของระบบโทรศัพท์แบบซีดีเอ็มเอ โครงสร้างของระบบ ML ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานระบบ ML วิธีการคำนวณตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ประกอบด้วย TOA TDOA และ AOA และวิธีการคำนวณตำแหน่งที่นิยมในปัจจุบัน สภาพแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อการคำนวณตำแหน่ง ได้แก่ การลดลงของกำลังของสัญญาณตามระยะทาง และสภาวะการส่งสัญญาณแบบกระเจิง และสภาวะการส่งสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทาง รวมทั้ง สัญญาณรบกวนในระบบสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่วิธีการวัดประสิทธิภาพของการคำนวณตำแหน่ง

บทที่ 3 รูปแบบ วิธีการ และขั้นตอน การทดลองและการจำลองระบบ ML สำหรับระบบ CDMA ด้วยวิธี AOA และ TDOA ในแต่ละแต่ละสภาพแวดล้อมในสภาวะการส่งสัญญาณแบบ

กระเจิง และ วิธีการ ขั้นตอนการทดลองประสิทธิภาพของ ML สำหรับวิธีการคำนวณแบบ TDOA ในสภาวะการลดลงของกำลังของสัญญาณตามระยะทาง

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพสำหรับ การจำลองระบบ ML สำหรับระบบ CDMA ด้วยวิธี AOA และ TDOA ในแต่ละแต่ละสภาพแวดล้อมในสภาวะการส่งสัญญาณแบบกระเจิง และสภาวะการส่งสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทาง

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

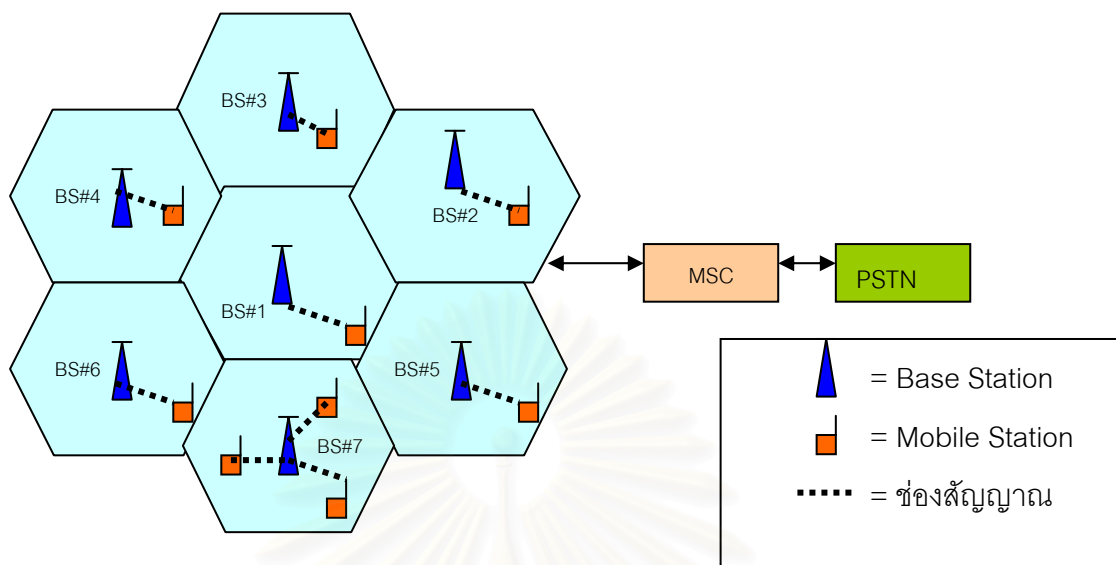
2.1 แนวคิดและทฤษฎี

2.1.1 หลักการระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์[1]

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์เป็นรูปแบบการสื่อสารในระบบการสื่อสารไร้สาย(Wireless Communication) รูปแบบหนึ่งโดยใช้หลักการแบ่งการใช้ช่องสัญญาณออกเป็นเซลล์(Cell) โดยที่แต่ละเซลล์ครอบคลุมการให้บริการในบริเวณที่กำหนดสำหรับผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อไม่ให้รบกวนกันในการใช้ช่องสัญญาณซึ่งกันและกันโดยแต่ละเซลล์แบ่งการใช้ช่องสัญญาณตามความถี่เซลล์ที่อยู่ติดกันจะใช้ความถี่ที่แตกต่างกันแต่เนื่องจากความกว้างช่องสัญญาณมีจำกัดทำให้ต้องมีการใช้ความถี่ซ้ำ(Frequency Reuse) ซึ่งเป็นหลักการที่สำคัญในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์ ระยะห่างของเซลล์ที่ใช้ความถี่เดียวกันต้องตั้งอยู่ห่างกันพอสมควรเพื่อการลดสัญญาณรบกวนจากเซลล์ข้างเคียง(Co-Channel Interference)-C/I เปรียบได้กับหลักการใช้คลื่นวิทยุความถี่ของเดียวกันในพื้นที่ข้ามจังหวัด การเพิ่มความจุการใช้งานแต่ไม่เพิ่มความกว้างช่องสัญญาณ นอกเหนือไปจากการใช้ความถี่ซ้ำ การเพิ่มความจุการใช้งานทำได้อีกหลายวิธีการแบ่งเซลล์ออกเป็นเซลล์ย่อย ๆ(Cell Splitting) โดยการเพิ่มทำการติดตั้งสถานีย่อยในสถานีใหญ่ทำให้สามารถรองรับการใช้งานได้มากขึ้น และการทำแบ่ง เซกเตอร์ของเซลล์(Sectoring)ใช้หลักการการลดกำลังของสัญญาณรบกวนโดยการใช้สายอากาศแบบกำหนดทิศทาง(Directional Antenna) แทนการใช้สายอากาศแบบทุกทิศทาง (Omni-Directional Antenna) ส่งผลให้ค่า C/I ดียิ่งขึ้นทำให้สามารถเพิ่มความจุการใช้งานมากยิ่งขึ้น

2.1.2 โครงสร้างและองค์ประกอบระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

เพื่อให้เข้าใจโครงสร้างและหลักการทำงานของระบบเซลลูลาร์ พิจารณาจากรูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ของระบบเซลลูลาร์ได้แก่



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างพื้นฐานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์

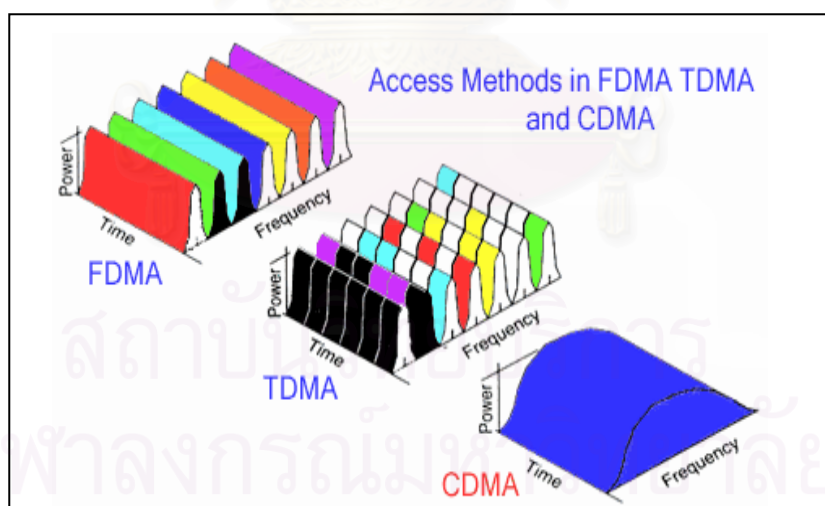
ส่วนประกอบที่สำคัญในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์ได้แก่

1. สถานีฐาน (Base Station) –BS ทำหน้าที่ให้บริการเครื่องรับโดยสถานีฐานหนึ่งสามารถรองรับการเชื่อมต่อได้ตามจำนวนช่อง สัญญาณที่มีอยู่
2. เครื่องรับ (Mobile Station)-MS ทำหน้าที่ในการส่งหรือรับสัญญาณเสียงหรือข้อมูลไปที่สถานีฐานเมื่อต้องการเริ่มการติดต่อหรือมีการติดต่อมาจากโทรศัพท์พื้นฐาน
3. สถานีควบคุมกลาง (Mobile Switch Center) –MSC ทำหน้าที่ในการให้บริการทั้งหมดในเรื่องการจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับการติดต่อ หรือการเปลี่ยนแปลงช่องสัญญาณหรือสถานีฐานเมื่อกำลังของสัญญาณที่ได้รับที่เครื่องรับต่ำลงเพื่อให้ช่องสัญญาณกลับมาดีขึ้นเรียกว่ากระบวนการการทำแฮนด์ออฟ(Hand off) การบันทึกค่าบริการ การตรวจสอบสิทธิในการโทรของเครื่องรับ และรับผิดชอบในการเชื่อมต่อกับระบบโทรศัพท์พื้นฐานเป็นต้น
4. โทรศัพท์บ้าน(Public Switch Telephone Network)-PSTN เป็นโครงข่ายระบบโทรศัพท์พื้นฐาน

2.1.3 ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ CDMA [3]

2.1.3.1 หลักการทำงาน

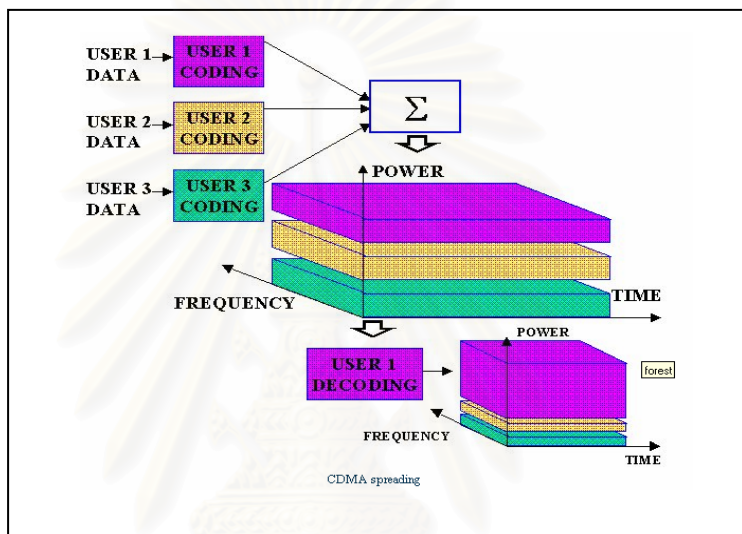
CDMA ซึ่งเป็นระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้หลักการการเข้ารหัสข้อมูลของสัญญาณแบบการกำหนดรหัส โดยแต่ละคู่การติดต่อจะถูกกำหนดรหัสผู้รับจะส่งข้อมูลพร้อมการเข้ารหัสด้วยรหัสชุดหนึ่งผู้รับก็จะนำข้อมูลที่ได้รับไปสร้างรหัสที่ตรงกันเพื่อทำการสื่อสารหลักการนี้เรียกว่าการทำ spread spectrum ทำให้อัตราการส่งข้อมูลสูงขึ้นความกว้างของสัญญาณที่ใช้ 1.25 MHz และความถี่ 2 GHz กำลังส่งสัญญาณขนาด 1 วัตต์ ตามมาตรฐาน IS-95 ซึ่งกว้างกว่าระบบ GSM ซึ่งใช้ 200 kHz ระบบ CDMA ได้ถูกนำมาใช้ในประเทศไทยประมาณเดือน เม.ย. 1998 คล้ายกับการสนทนาในห้องเดียวกันแต่ใช้คนละภาษาในการสื่อสารคู่สนทนาจะเข้าใจเฉพาะคู่สนทนาของตัวเองเท่านั้นสัญญาณรบกวนจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคู่สนทนาเพิ่มขึ้น แต่ระบบที่ใช้เทคนิคการแบ่งการใช้ช่องสัญญาณตามความถี่(Frequency Division Multiple Access)-FDMA เหมือนกับการแบ่งห้องการสนทนา และเทคนิคการแบ่งการใช้ช่องสัญญาณตามเวลา(Time Division Multiple Access)-TDMA เป็นการแบ่งห้องย่อยในห้องสนทนาของแบบ FDMA อีกทีหรือที่เรียกว่าการแบ่งแบบการใช้ Time Slot พิจารณารูปที่ 2.2 แสดงการแบ่งการใช้ช่องสัญญาณในแบบ FDMA ,TDMA และ CDMA



รูปที่ 2.2 แสดงการแบ่งการใช้ช่องสัญญาณในแบบ FDMA ,TDMA และ CDMA

หลักการทำงานของระบบซีดีเอ็มเอนั้นได้แก่ระบบรหัสซึ่งการสร้างรหัสในระบบซีดีเอ็มเอจะต้องมีคุณสมบัติคล้ายสัญญาณรบกวนหรือที่เรียกว่า (Pseudorandom-Noise) หรือ PN-Code

โดยคุณสมบัติที่สำคัญคือการทำที่ซุตรหัสแต่ละชุดมีความเป็นอโทโกนอล(Orthogonal)ซึ่งกันและกันโดยที่แต่ละชุดรหัสที่สร้างขึ้นจะไม่มีความสัมพันธ์กันหมายถึงเมื่อเราทำการส่งข้อมูล ข้อมูลที่ต้องการส่งจะถูกทำการเสปรดด้วยซุตรหัส PN-Code ทำให้อัตราการส่งข้อมูลสูงขึ้นและจะส่งไปในช่องสัญญาณเดียวกันในเวลาเดียวกันเมื่อถึงปลายทางคู่สนทนาจะทำการสร้างซุตรหัสที่ตรงกันเพื่อทำการตีเสปรดสัญญาณก็จะได้สัญญาณข้อมูลกลับคืนมา พิจารณารูปที่ 2.3 แสดงวิธีการแบ่งการใช้ช่องสัญญาณด้วยวิธีการ CDMA



รูปที่ 2.3 แสดงวิธีการแบ่งการใช้ช่องสัญญาณด้วยวิธีการ CDMA

2.2 วิธีการคำนวณตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ในแต่ละรูปแบบ

2.2.1 Network Based

เป็นรูปแบบระบบ ML ที่ใช้สัญญาณที่ส่งจาก MS ไปที่ BS เมื่อได้รับสัญญาณที่ BS ให้เราสามารถค้นหาตำแหน่งของ MS ได้ที่ BS ข้อดีของการคำนวณในวิธีนี้ได้แก่การไม่ต้องแก้ไข MS เนื่องจากใช้การคำนวณตำแหน่งที่เครือข่ายทำให้สามารถใช้งานได้กับ MS เครื่องเดิมได้ทันทีทำให้ลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการพัฒนา เนื่องจากไม่ต้องแก้ไข MS

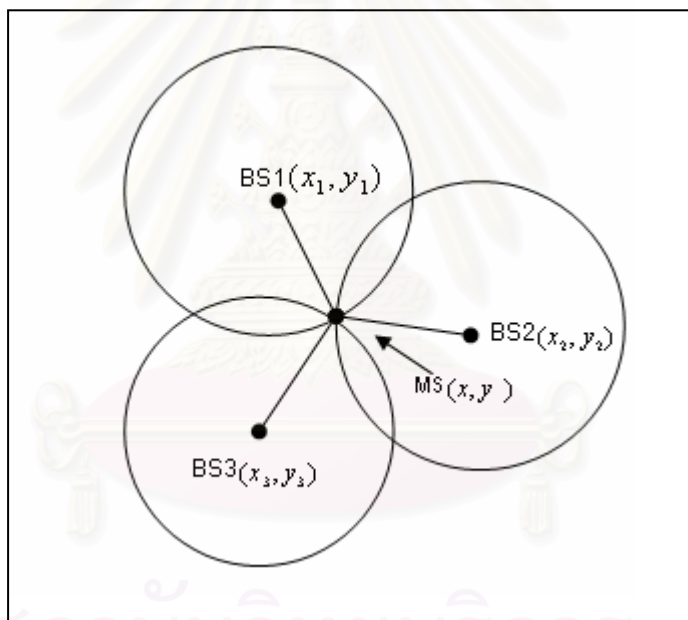
2.2.1.1 Signal Strength

เป็นวิธีการ ML โดยใช้หลักการความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของสัญญาณที่ได้รับที่ BS ที่สัมพันธ์กับระยะทางระหว่าง MS และ BS

โดยที่กำลังของสัญญาณจะลดลงเมื่อระยะทางระหว่าง MS และ BS เพิ่มขึ้น เมื่อเราทราบความสัมพันธ์ดังกล่าวเราสามารถใช้ในการลดของกำลังของสัญญาณตามระยะทาง เช่น Hata's Model [1]

ในการหาระยะทางระหว่างระหว่าง MS และ BS เมื่อทราบกำลังที่วัดได้ที่ BS เมื่อทราบ ระยะห่างระหว่าง MS และ BS จำนวน 3 BS ทำให้เราสามารถสร้างสมการวงกลมจำนวน 3 สมการเพื่อค้นหาตำแหน่งของเครื่องรับได้

พิจารณารูปที่ 2.4 ข้อดีของวิธีการคำนวณตำแหน่งในวิธีนี้ได้แก่ ง่ายต่อการพัฒนาเนื่อง การวัดกำลังของ MS ที่ BS เป็นขั้นตอนปกติที่ต้องทำการวัดอยู่แล้วเนื่องจากการควบคุมคุณภาพ ของช่องสัญญาณ แต่ข้อเสียของระบบนี้ได้แก่การที่กำลังของสัญญาณที่ได้รับที่ BS ผิดพลาด เนื่องจากสัญญาณที่ได้รับที่ BS เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของกำลังของสัญญาณ เนื่องจากปัญหาการเดินทางหลายเส้นทางของสัญญาณ(Multipath Fading) หรือกำลังของ สัญญาณที่ได้รับไม่ได้เกิดจากเส้นทาง Line Of Sight (LOS) แต่เป็นกำลังของเส้นทางที่เป็น เส้นทาง None Line Of Sight (NLOS) ที่เกิดจากการสัญญาณที่กระทบหรือหักเหเนื่องจากสิ่งปลูก สร้างเช่นอาคารสูงโดยจะเกิดได้บ่อยในชุมชนเมืองที่มีอาคารสูงอยู่มาก สำหรับ



รูปที่ 2.4 แสดงการวิธีการค้นหาตำแหน่งของวิธี Signal Strength

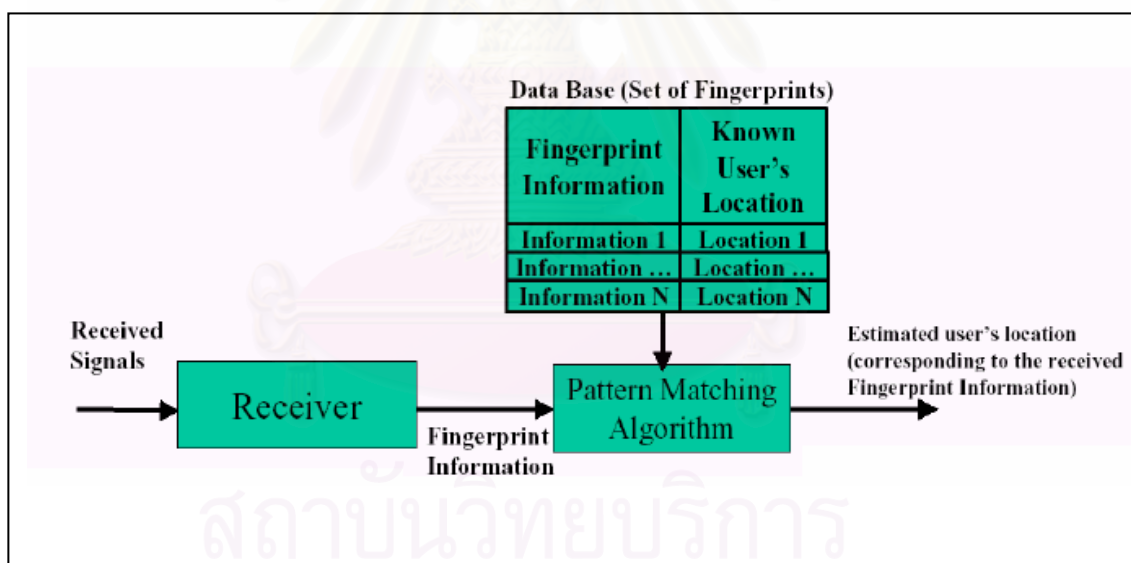
2.2.1.2 Database Correlation Method (DCM)

เป็นวิธีการคำนวณตำแหน่งโดยใช้หลักการคือในการแต่ละตำแหน่งของ MS ที่ส่งสัญญาณ ไปที่ BS จะให้ค่า Multipath Fingerprint ซึ่งเป็นค่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกำลังของ สัญญาณที่แตกต่างกันเนื่องจากการเดินทางหลายเส้นทางของสัญญาณจาก MS ไปที่ BS ซึ่งแต่ละตำแหน่งของ MS ให้ค่าของ Multipath Fingerprint ที่แตกต่างกัน

ทำให้ทราบตำแหน่งของ MS ได้เมื่อทราบค่าของ Multipath Fingerprint ที่ทำการวัดเก็บไว้แล้วในฐานข้อมูล

เมื่อต้องการค้นหาตำแหน่งก็เพียงรับค่าสัญญาณที่และทำการวัดค่า Multipath Fingerprint และทำการเปรียบเทียบค่า Multipath Fingerprint ที่วัดได้กับค่าของ Multipath Fingerprint ที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลเมื่อทราบ Multipath Fingerprint ที่เหมือนกันก็สามารถระบุตำแหน่งของ MS ได้

ข้อดีของระบบนี้ได้แก่การที่ต้องการแค่เพียง 1 BS เพื่อรับสัญญาณจาก MS มาทำการเปรียบเทียบกับค่า Multipath Fingerprint ในฐานข้อมูล แต่ข้อเสียของระบบนี้ได้แก่สภาพแวดล้อมที่ทำการเก็บค่าของ Multipath Fingerprint นั้นต้องเป็นสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยเนื่องจากค่าของ Multipath Fingerprint ที่วัดได้นั้นอาจจะไม่ตรงกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้ต้องมีการปรับปรุงฐานข้อมูลอย่างสม่ำเสมอทำให้เพิ่มค่าใช้จ่ายในส่วนนี้พิจารณาจากรูปที่ 2.5 แสดงวิธีการค้นหาตำแหน่งของด้วยวิธี DCM



รูปที่ 2.5 แสดงวิธีการค้นหาตำแหน่งของด้วยวิธี DCM

2.2.1.3 Time Of Arrival(TOA)[2]

สำหรับวิธีการ คำนวณตำแหน่งแบบ Time Of Arrival (TOA)การหาระยะห่าง เครื่องรับ และ สถานีฐาน หลักการคือเราสามารถหาระยะห่าง R_i ซึ่งเป็นระยะทางระหว่าง MS กับ BS ที่ i จากการคำนวณตามสมการที่ (2.1)

$$R_i = ct_i \quad (2.1)$$

เมื่อ c คือค่าความเร็วแสงมีค่าเท่ากับ $3 * 10^8$ เมตร/วินาที

และ t_i = ระยะเวลาในการเดินทางสัญญาณ(TOA) ระหว่าง MS ไปที่ BS ที่ i หน่วยเป็นวินาที โดยปกติค่าของ t_i จะทำการที่ MS และ BS นั้นจะมีวงจรในการสร้างความสอดคล้องของสัญญาณนาฬิการะหว่างกันทำให้สามารถวัดค่า t_i ได้

เราสมการมาตรฐานของวงกลมที่รัศมี R ดังนี้คือ

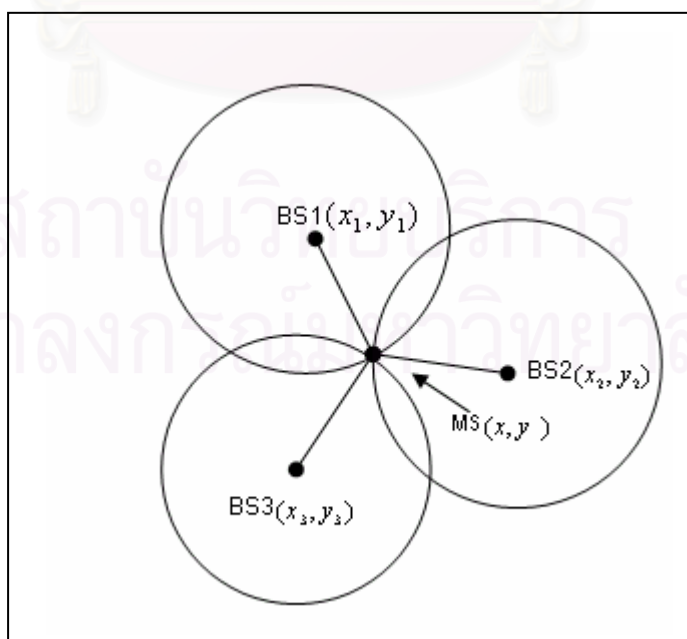
$$R_i = \sqrt{(X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2 + (Z_i - z)^2} \quad \text{สำหรับ } i = 1, 2, 3, \dots, N \quad (2.2)$$

เมื่อ (X_i, Y_i, Z_i) เป็นพิกัดของ BS ที่ตำแหน่งที่ i

และ (x, y, z) เป็นพิกัดของตำแหน่งของ MS ที่ต้องการทราบ

พิจารณาจากรูปที่ 2.6 แสดงการหาตำแหน่งของ MS ด้วยวิธี TOA

ข้อเสียของวิธีการค้นหาตำแหน่งด้วยวิธีนี้ได้แก่การต้องการการสอดคล้องกันของสัญญาณนาฬิกา ระหว่าง MS และ BS จะพบว่าเมื่อวัดค่าการมาถึงของสัญญาณจาก MS ไปที่ BS ผิดพลาด $1 \mu s$ จะให้วัดระยะทางระหว่าง MS และ BS ผิดพลาด 300 เมตร รวมทั้งปัญหาจากการที่ไม่มีเส้นทาง LOS ซึ่งพบว่าในบริเวณที่ชุมชนหนาแน่น(Urban Area) มีโอกาสที่จะไม่พบเส้นทาง LOS ในกรณีที่นำเส้นทาง NLOS[7]มาคำนวณตำแหน่งทำให้เกิดการผิดพลาดได้มาก



รูปที่ 2.6 แสดงการหาตำแหน่งของ MS ด้วยวิธี TOA

2.2.1.4 Time Difference Of Arrival(TDOA)

สำหรับเทคนิคการค้นหาตำแหน่งโดยการวัดจากเวลาที่แตกต่างกันที่รับที่สถานีฐาน(Time Difference Of Arrival)-TDOA

โดยหลักการเพื่อแก้ปัญหาด้านความถูกต้องของเวลาที่ต้องสอดคล้องกันระหว่างเครื่องรับและสถานีฐานโดยเนื่องสัญญาณเคลื่อนที่ด้วยความเร็วแสงทำให้พบว่าในกรณีที่วัดเวลาผิดพลาด 1 μs ทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการวัดระยะทางถึง 300 เมตรดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาเรื่องการสอดคล้องของสัญญาณนาฬิกา[2]ทำให้เกิดแนวคิดแทนที่จะทำการวัดเวลาที่มาถึงสถานีฐานเราจะทำการวัดเวลาที่แตกต่างกันที่รับได้ที่สถานีฐานจำนวน 2 คู่สถานีฐาน[2]เพื่อนำข้อมูลมาสร้างสมการ Hyperbolic โดยมีหลายวิธีการที่จะมาวัดผลต่างของเวลาดังกล่าวโดยการใช้เทคนิคการทำ Cross-Correlation ของสองสัญญาณเพื่อหาผลต่างของเวลาและเพื่อนำเวลาที่ต่างกันนั้นมาเข้าสมการ Hyperbolic และใช้วิธีการแก้ปัญหาของชาน[5] (Chan's Method) เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องของสมการเพื่อหาตำแหน่งของเครื่องรับได้สำหรับงานวิจัยนี้ในการจำลองจะทำการแก้ปัญหาด้วยวิธีดังกล่าว พิจารณาการค่าตำแหน่งของ MS ได้ดังนี้

ใช้หลักการของการหาเวลาที่แตกต่างกันที่วัดได้จากคู่ของสัญญาณจาก MS ไปที่ BS ตำแหน่งที่ i และตำแหน่งที่ j เพื่อสร้างสมการ Hyperbolic

พิจารณาความสัมพันธ์ของผลต่างของระยะทางระหว่าง BS ตำแหน่งที่ i และตำแหน่งที่ j สมการที่ (2.3) ดังนี้

$$R_{i,j} = ct_{i,j} = R_i - R_j \quad (2.3)$$

โดยที่ $R_{i,j}$ เป็นผลต่างของระยะทางระหว่าง BS ตำแหน่งที่ i และตำแหน่งที่ j และ $t_{i,j}$ เป็นความแตกต่างของเวลา(TDOA)ของสัญญาณจาก MS ไปที่ BS ตำแหน่งที่ i และตำแหน่งที่ j

และ c คือค่าความเร็วแสงมีค่าเท่ากับ $3 \cdot 10^8$ เมตร/วินาที

และ R_i คือระยะห่างระหว่าง MS ตำแหน่งที่พิกัด (x, y) กับ BS ที่ i ซึ่งมีพิกัดเป็น (X_i, Y_i) ตามสมการที่ (2.4)

ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} R_i &= \sqrt{(X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2} \\ &= \sqrt{X_i^2 + Y_i^2 - 2X_i x - 2Y_i y + x^2 + y^2} \end{aligned} \quad (2.4)$$

เราสามารถหาค่า $t_{i,j}$ ได้จากสมการที่ (2.9) แสดงการหาค่าของ $t_{i,j}$ ที่ได้รับที่คู่ของ BS ที่ ตำแหน่งที่ i และตำแหน่งที่ j

โดยการหาได้จากการหาค่าสูงสุดของการหาค่า Cross-Correlation[9]ของสอง สัญญาณที่ได้รับที่ BS ตำแหน่งที่ i และตำแหน่งที่ j

$$C_{i,j}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T s_i(t) s_j(t + \tau) dt \quad (2.5)$$

$C_{i,j}(\tau)$ เป็นค่า Cross-Correlation ของสัญญาณที่วัดได้ที่ BS ตำแหน่งที่ i และ ตำแหน่งที่ j และค่า $s_i^*(t)$ เป็นค่าคอนจูเกตของสัญญาณ $s_i(t)$

และ $s_i(t) = d(t) + n_i(t)$ สัญญาณที่ได้รับที่ BS ที่ i รวมกับสัญญาณรบกวน $n_i(t)$

และ $s_j(t) = d(t - \tau) + n_j(t)$ สัญญาณที่ได้รับที่ BS j รวมกับสัญญาณรบกวน $n_j(t)$

เราสามารถหาค่า $t_{i,j}$ ได้จากการหาค่าสูงสุดของสมการที่ (2.5) ได้ตามสมการที่ (2.6)

$$t_{i,j} = \max\{C_{i,j}(\tau)\} \quad (2.6)$$

สำหรับในการจำลองตำแหน่งเราใช้ฟังก์ชัน `xcorr` ของ MatLab ในการหาค่า Cross-Correlation ของสองสัญญาณ

และเราหาสัมพัทธ์ของผลต่างของระยะทางได้จาก MS ไปที่ BS ที่ i, j โดยมีความสัมพันธ์ตามสมการที่ (2.7) ดังนี้

$$R_{i,j} = \sqrt{(X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2} - \sqrt{(X_j - x)^2 + (Y_j - y)^2} \quad (2.7)$$

โดยที่ $R_{i,j}$ เป็นผลต่างของระยะทางระหว่าง BS ตำแหน่งที่ i และตำแหน่งที่ j

และ (X_i, Y_i) และ (X_j, Y_j) เป็นพิกัดของ BS ที่ i และ j

และ (x, y) เป็นตำแหน่งของ MS ที่ต้องการทราบตำแหน่ง

เราสามารถหาคำตอบของสมการได้เมื่อจำนวนสมการเท่ากับจำนวนตัวแปรที่ไม่ทราบค่า

เนื่องจากสมการที่ (2.7) ทำการแก้สมการค่อนข้างยากทำให้ต้องจัดรูปแบบของสมการใหม่ ดังนี้จาก

$$R_i^2 = (R_{i,j} + R_1)^2 \quad (2.8)$$

ทำให้ทำการจัดรูปของสมการที่ (2.8) เขียนได้เป็น

$$R_{i,1}^2 + 2R_{i,1}R_1 + R_1^2 = X_i^2 + Y_i^2 - 2X_i x - 2Y_i y + x^2 + y^2 \quad (2.9)$$

ทำการลบค่าของสมการ (2.8) ที่ $i=1$ ออกจากสมการที่ (2.9) จะได้เป็น

$$R_{i,1}^2 + 2R_{i,1}R_1 = X_i^2 + Y_i^2 - 2X_{i,1}x - 2Y_{i,1}y \quad (2.10)$$

เมื่อ $X_{i,1}$ และ $Y_{i,1}$ มีค่าเท่ากับ $(X_i - X_1)$ และ $(Y_i - Y_1)$ ตามลำดับ สมการที่ (2.10) สามารถหาคำตอบของสมการได้จากวิธีของ Chan[18] ดังนี้

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} X_{2,1} & Y_{2,1} \\ X_{3,1} & Y_{3,1} \end{bmatrix}^{-1} \times \left\{ \begin{bmatrix} R_{2,1} \\ R_{3,1} \end{bmatrix} R_1 + \frac{1}{2} \begin{bmatrix} R_{2,1}^2 - K_2 + K_1 \\ R_{3,1}^2 - K_3 + K_1 \end{bmatrix} \right\} \quad (2.11)$$

เมื่อ

$$K_1 = X_1^2 + Y_1^2$$

$$K_2 = X_2^2 + Y_2^2$$

$$K_3 = X_3^2 + Y_3^2$$

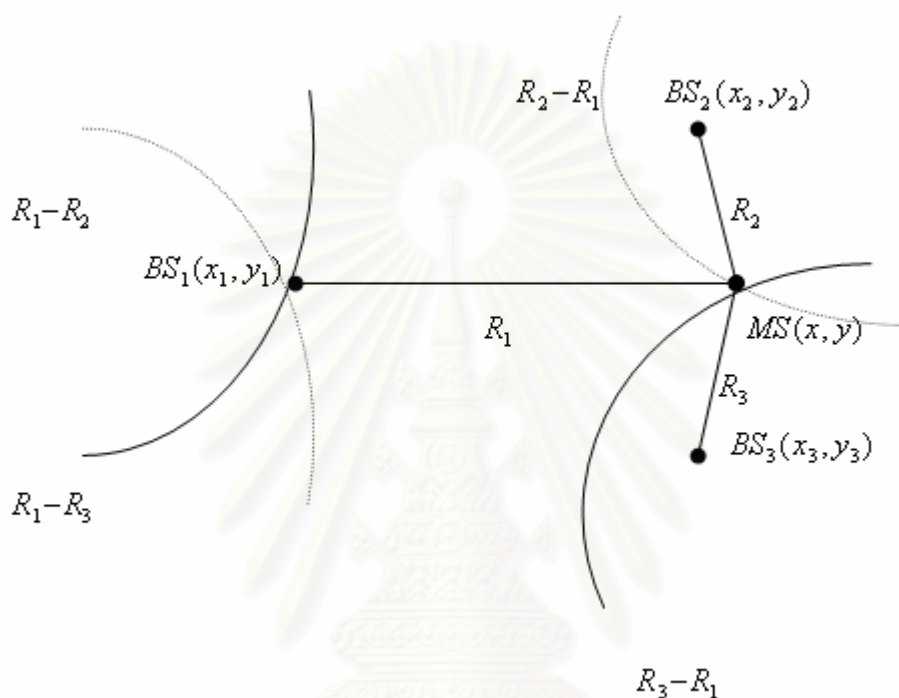
เราสามารถทำการหาค่า x และ y ได้ในเทอมของ R_1 ได้ โดยการแทนค่าของ x และ y ในสมการที่ (2.11) ไปแทนค่าในสมการที่ (2.10) และจัดรูปแบบสมการที่ (2.10) ในเทอมของ R_1 ในรูปแบบของสมการ quadratic ดังนี้

$$aR_1^2 + bR_1 + c = 0 \quad (2.12)$$

เราสามารถหาคำตอบของสมการตามสูตรได้เป็น

$$R_1 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (2.13)$$

เราเลือกใช้รากของสมการเพียงค่าเดียวเนื่องจาก R_1 เป็นระหว่างระหว่าง MS และ BS ที่ 1 ทำให้รากของสมการมีค่าเป็นบวกเพียงค่าเดียว
 แล้วนำค่าที่ได้จากสมการที่ (2.13) ไปแทนค่าในสมการ (2.11) จะได้คำตอบของสมการที่ (2.7)
 พิจารณารูปที่ 2.7 แสดงการคำนวณหาตำแหน่งด้วยวิธี TDOA



รูปที่ 2.7 แสดงการคำนวณหาตำแหน่งด้วยวิธี TDOA

2.2.1.5 Angle Of Arrival(AOA)[2]

เป็นระบบ ML ที่ใช้ข้อมูลด้านมุมของสัญญาณจาก MS และ BS โดยหลักการแล้วเราสามารถค้นหาตำแหน่งของ MS จากข้อมูลด้านมุมที่ได้รับของ BS จำนวน 2 มุมในแต่ละ BS และเมื่อนำข้อมูลมุมที่ได้รับมาสร้างสมการเส้นตรงและเมื่อทำหาคำตอบของสมการเส้นตรงทำให้เราสามารถหาตำแหน่งของ MS ได้ พิจารณาจาก รูปที่ 2.8 แสดงการหาตำแหน่งด้วยวิธี AOA

$$(y - y_i) = \tan(\theta_i)(x - x_i) \quad (2.14)$$

$$(y - y_j) = \tan(\theta_j)(x - x_j) \quad (2.15)$$

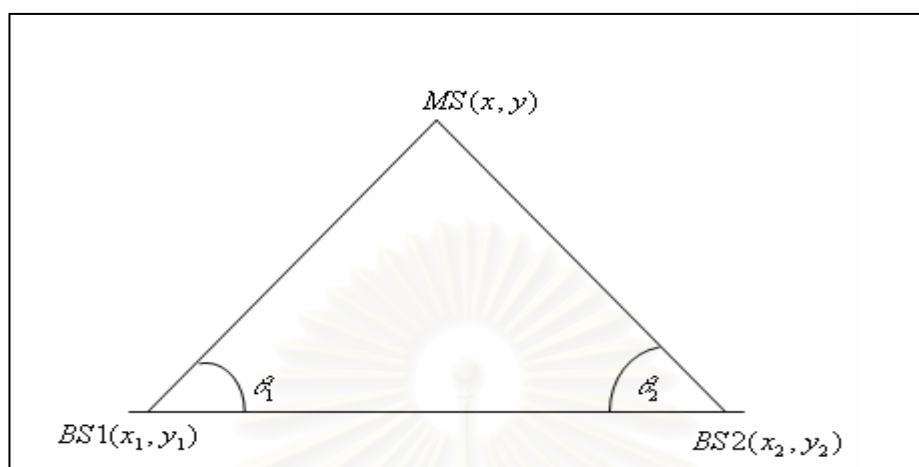
โดยที่ $\theta_i = \tan^{-1}\left(\frac{|y_i - y|}{|x_i - x|}\right)$ และ $\theta_j = \tan^{-1}\left(\frac{|y_j - y|}{|x_j - x|}\right)$

และ

(x, y) เมื่อ เป็น พิกัดที่ต้องการทราบของ MS ที่ต้องการทราบตำแหน่ง

(x_i, y_i) เป็น พิกัดที่ต้องการทราบของ BS ตามแนวแกน x และ y จุดที่ i

(x_j, y_j) เป็น พิกัดที่ต้องการทราบของ BS ตามแนวแกน x และ y จุดที่ j



รูปที่ 2.8 แสดงการหาตำแหน่งด้วยวิธี AOA

ข้อดีสำหรับระบบ ML ด้วยวิธีนี้ AOA ได้แก่ ต้องการจำนวน BS จำนวน 2 BS เพื่อการคำนวณตำแหน่งซึ่งน้อยกว่าวิธีการคำนวณตำแหน่งแบบ TOA และแบบ TDOA ซึ่งต้องการจำนวน BS อย่างน้อยจำนวน 3 BS หรือ 4 BS สำหรับการค้นหาตำแหน่ง MS ระบบ 2 มิติ และการค้นหาตำแหน่ง MS ระบบ 3 มิติตามลำดับ แต่ข้อเสียของการค้นหาตำแหน่งวิธีการคำนวณตำแหน่งนี้ได้แก่การเพิ่มค่าใช้จ่ายในการปรับแต่งเสาอากาศเพื่อให้วัดค่าได้อย่างถูกต้องอย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งให้ค่าความถูกต้องค่อนข้างต่ำในสภาพแวดล้อมการคำนวณในชุมชนในเมืองที่มีสิ่งปลูกสร้างจำนวนมากทำให้เกิดสาเหตุการเดินทางหลายเส้นทางของสัญญาณ หรือการขาดเส้นทาง LOS ส่งผลต่อการวัดมุมที่ผิดพลาดมากยิ่งขึ้น

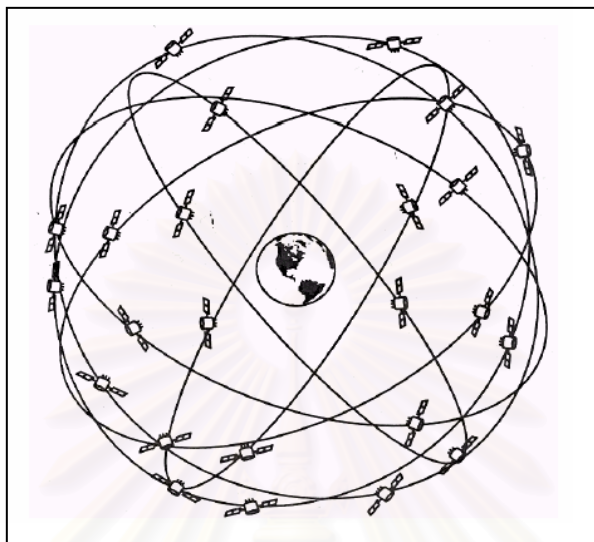
2.2.2 Handset Based

เป็นวิธีการค้นหาตำแหน่ง MS ที่ต้องมีการปรับแก้ไขเครื่องรับโดยสัญญาณที่ได้รับมาจาก BS ที่ MS โดยทำการคำนวณตำแหน่งที่ MS และส่งผลการคำนวณไปที่ BS ข้อเสียของวิธีการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธี Handset Based คือไม่สามารถใช้งานได้กับ MS ที่ใช้ในปัจุบันและใช้งานได้กับ MS ที่ออกแบบสำหรับการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธีนี้

2.2.2.1 Global Positioning System(GPS)[6]

การค้นหาตำแหน่งด้วยวิธีการใช้ดาวเทียมเพื่อการคำนวณตำแหน่ง MS โดยที่เราใช้ดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงที่ทราบพิกัดที่แน่นอนและเมื่อเราทำการวัดค่าการมาถึงของสัญญาณจากดาวเทียมมาที่ MS ทำให้เราสร้างสมการวงกลมจำนวน 4 สมการเพื่อคำนวณหาจุดตัดของสมการเช่นเดียวกับวิธีการ TOA

โดยปกติสัญญาณที่มาจากดาวเทียม 24 ดวงที่แบ่งออกเป็น 6 รอบวงโคจร และวงโคจรละ 4 ดวงทำให้ทุกตำแหน่งในโลกจะเห็นดาวเทียมอย่างน้อย 8 ดวงทำให้สามารถคำนวณตำแหน่ง MS พิจารณารูปที่ 2.9 แสดงวงโคจรดาวเทียมเพื่อการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธี GPS



รูปที่ 2.9 แสดงวงโคจรดาวเทียมเพื่อการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธี GPS

เช่นกำหนดให้พิกัดของดาวเทียม (x_i, y_i, z_i) ของดาวเทียมดวงที่ $i = 1, 2, 3, 4, \dots, N$ และกำหนดให้ (x, y, z) เป็นตำแหน่งของ MS เราสามารถหา (ρ_i) ระยะห่างระหว่างดาวเทียมดวงที่ i กับ MS จากสมการ

$$\rho_i = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2} + ct$$

เมื่อ c, t เป็นความเร็วแสง และ ค่าของ Offset ของสัญญาณนาฬิกาจากดาวเทียมแต่ละดวงตามลำดับ เมื่อทำการแก้สมการ None-Linear ดังกล่าวก็ทำให้สามารถค้นหาตำแหน่งของ MS ได้

สำหรับการคำนวณตำแหน่งวิธีนี้ให้ความถูกต้องค่อนข้างสูงประมาณ 10 เมตร สำหรับข้อเสียของวิธีการนี้ได้แก่ในสภาพแวดล้อมที่มีการบดบังสัญญาณสูงเช่นในตึกการลดทอนของสัญญาณดาวเทียมค่อนข้างสูงและการไม่สามารถหาเส้นทางตรง(Line Of Sight)-LOSทำให้ไม่สามารถค้นหาตำแหน่งได้ในสภาพแวดล้อมดังกล่าว รวมทั้งการปรับแก้เครื่องรับทำให้เพิ่มน้ำหนักและราคาของ MS รวมทั้งเนื่องจากการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธี GPS นั้นอาจจะไม่เหมาะกับบางสถานการณ์เช่นการเรียกบริการ E-911 เนื่องจากต้องการความเร็วในการค้นหาตำแหน่ง สาเหตุจากการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการคำนวณตำแหน่งของ MS(Cloud Start) นั้นเช่นวงโคจรตำแหน่งของดาวเทียม และข้อมูลด้านเวลา ประมาณ 2-3 นาทีทำให้ไม่เหมาะกับบางสถานการณ์ดังกล่าว

2.2.2.2 Enhanced Observed Time Difference(E-OTD)

เป็นวิธีการค้นหาตำแหน่งหลักการเดียวกับ TDOA แต่ทำการคำนวณตำแหน่งที่ BS โดยทำการวัดผลต่างของการมาถึงของเวลาที่แตกต่างกันของ BS อย่างน้อย 2 คู่ และสร้างสมการไฮเปอร์โบลิกและเมื่อแก้สมการจะทำให้สามารถค้นหาตำแหน่งของ MS ได้

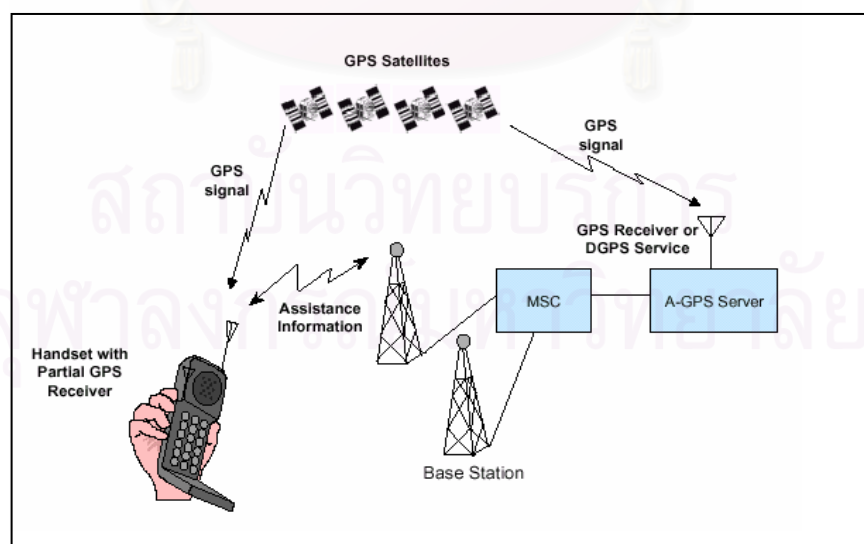
2.2.2.3 Advanced Forward Link Trilateration(A-FLT)

หลักการที่สำคัญของระบบนี้ได้แก่ การที่ MS ในระบบ CDMA นั้น MS จะทำการวัดค่าข้อมูลสำหรับอ้างอิงการเฟสเพื่อทำมอดูเลตสัญญาณและการวัดค่าอ้างอิงการส่งกำลังของสัญญาณจากช่องสัญญาณนำร่อง(Pilot Signal)เมื่อเราทำการวัดสัญญาณนำร่องจาก BS จำนวน 3 BS และคำนวณหาผลต่างของการมาถึงของสัญญาณของคู่ของสถานีฐานจำนวน 2 คู่ สถานีฐานและสร้างสมการไฮเปอร์โบลิกก็สามารถตำแหน่งของ MS ได้ เช่นเดียวกับวิธี TDOA

2.2.3 Hybrid Technique

2.2.3.1 Assisted-GPS(A-GPS)

เนื่องจากปัญหาเนื่องจากค่า Cold Start ค่อนข้างสูงในระบบ GPS ได้นำระบบ A-GPS มาช่วยเพื่อลดเวลาดังกล่าวโดยการให้ต้องทำการเพิ่ม GPS Server สำหรับทำการเก็บข้อมูลเพื่อสำหรับการทำ Cold Start ก่อนเมื่อต้องการคำนวณตำแหน่งของ MS ก็นำข้อมูลสำหรับเริ่มต้นคำนวณจาก GPS Server ส่งไปที่ MS ทำให้ลดเวลาการเริ่มต้นค้นหาตำแหน่ง MS ได้เหลือประมาณ 1 วินาที หลังจาก MS ทราบข้อมูลสำหรับการคำนวณตำแหน่งเช่นค่าการมาถึงของสัญญาณที่ MS ก็สามารถคำนวณตำแหน่งได้โดยวิธี GPS พิจารณารูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของระบบ A-GPS



รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของระบบ A-GPS

พิจารณาจากตารางที่ 2.1 แสดงตารางสรุปเปรียบเทียบวิธีการคำนวณตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ ตารางที่ 2.1 แสดงตารางสรุปเปรียบเทียบวิธีการคำนวณตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่

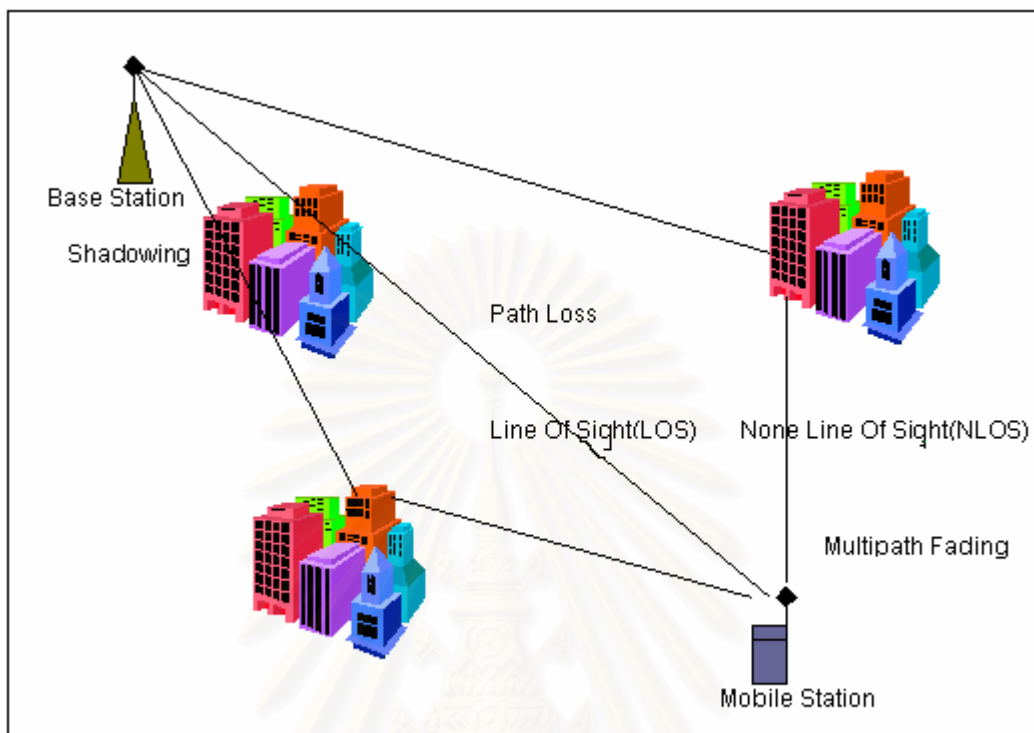
วิธีการคำนวณ	ขั้นตอนการคำนวณ	ผลกระทบต่อ BS	ผลกระทบต่อ MS	ความถูกต้อง	เวลาการประมวลผล
Signal Strength	คำนวณหาระยะห่างระหว่าง MS และ BS จาก Path Loss Model หลังจากได้ระยะห่างจาก MS ไปที่ 3 BS สามารถหาตำแหน่งได้จากจุดตัดของสมการวงกลม 3 สมการ	ไม่มี	ไม่มี	100m-10km+	น้อยกว่า 1 วินาที
Time Of Arrival(TOA)	คำนวณหาระยะเวลากามาถึงของสัญญาณ ระหว่าง MS ไปที่ 3 BS สามารถหาตำแหน่งได้จากจุดตัดของสมการวงกลม 3 สมการ	ต้องเพิ่ม Location Measurement unit(LMU)	ไม่มี	40-150m	น้อยกว่า 1 วินาที
Time Difference Of Arrival(TDOA)	คำนวณหาการมาถึงของเวลาที่แตกต่างกันของคู่ BS จำนวน 2 คู่ จาก MS เพื่อสร้างสมการไฮเพอร์โบลิกจำนวน 2 สมการและสามารถแก้สมการเพื่อหาตำแหน่ง	ปานกลาง ต้องเพิ่ม Location Measurement unit(LMU)	ไม่มี	40-150m	น้อยกว่า 1 วินาที
Angle Of Arrival(AOA)	คำนวณจากมุมที่วัดได้ของสัญญาณจาก MS ไปที่ 2 BS หลังจากนั้นสร้างสมการเส้นตรงเพื่อทำการหาจุดตัดของสมการ	สูง ต้องเพิ่มชุดสายอากาศ	ไม่มี	50-150m	น้อยกว่า 1 วินาที
Global Positioning System(GPS) และ Assistant GPS(A-GPS)	คำนวณหาการมาถึงระหว่าง GPS Receiver กับดาวเทียมสื่อสารจำนวน 4 ดวงหลังจากนั้นสร้างสมการวงกลมจำนวน 4 สมการ เมื่อแก้สมการก็สามารถค้นหาตำแหน่งได้ สำหรับระบบ A-GPS แก้ปัญหาระยะเวลาการคำนวณตำแหน่งให้ลดลงจากการรับข้อมูลการคำนวณจากเครือข่าย	ต่ำ	สูง ต้องเพิ่มชุด GPS Receiver	3-50m	น้อยกว่า 5 วินาทีสำหรับ A-GPS และ ประมาณ 40-50 วินาทีสำหรับ GPS
Database Correlation Method(DCM)	เก็บลักษณะเฉพาะของเส้นทาง Multipath Fingerprint ของสัญญาณจาก MS ไปที่ 1 BS แล้วทำการเปรียบเทียบค่าที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลที่ทำการวัดเก็บไว้ก่อนหน้านี้แล้วทำการหาตำแหน่งของ MS	ต้องมีการปรับปรุงฐานข้อมูลเก็บ Multipath Fingerprint สำหรับตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอ	ไม่มี	50-150m	1 วินาทีและขึ้นอยู่กับขนาดของฐานข้อมูล Multipath Fingerprint

พิจารณาตารางที่ 2.2 แสดงเปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียของวิธีการคำนวณตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่

ตารางที่ 2.2 แสดงเปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียของวิธีการคำนวณตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่

วิธีการคำนวณ	ขั้นตอนการคำนวณ	ข้อดี	ข้อเสีย
Signal Strength	คำนวณหาระยะห่างระหว่าง MS และ BS จาก Path Loss Model หลังจากได้ระยะห่างจาก MS ไปที่ 3 BS สามารถหาตำแหน่งได้จากจุดตัดของสมการวงกลม 3 สมการ	ง่ายต่อการพัฒนาและต้องการเพียง 1 BS	ความถูกต้องต่ำและมีผลกระทบการวัดค่ากำลังของสัญญาณที่ผิดพลาดเนื่องจากปัญหา Multipath ส่งผลกำลังของสัญญาณอย่างรวดเร็วในระยะทางสั้น ๆ และปัญหาการบดบังของสัญญาณ (Shadowing)
Time Of Arrival(TOA)	คำนวณหาระยะเวลากามาถึงของสัญญาณ ระหว่าง MS ไปที่ 3 BS สามารถหาตำแหน่งได้จากจุดตัดของสมการวงกลม 3 สมการ	ไม่ต้องมีการปรับแก้ MS สามารถคำนวณตำแหน่งได้ที่เครือข่าย	ความสอดคล้องของสัญญาณนาฬิกา ระหว่าง MS และ BS ต้องการความแม่นยำสูง การวัดค่าเวลากามาถึงของสัญญาณผิดพลาด 1 μ S จะวัดระยะห่างผิดพลาด 300 เมตร
Time Difference Of Arrival(TDOA)	คำนวณหาการมาถึงของเวลาที่แตกต่างกันของคู่ BS จำนวน 2 คู่ จาก MS เพื่อสร้างสมการไฮเพอร์โบลิกจำนวน 2 สมการและสามารถแก้สมการเพื่อหาตำแหน่ง	<ul style="list-style-type: none"> ลดการสอดคล้องของสัญญาณนาฬิกา ระหว่าง MS และ BS แต่เป็นการสอดคล้องกันของสัญญาณนาฬิกา ระหว่าง BS แทน ไม่ต้องมีการปรับแก้ MS 	<ul style="list-style-type: none"> ความแม่นยำโดยรวมอาจลดลงในสภาพแวดล้อม Multipath Fading และการบดบังสัญญาณ (Shadowing) ต้องมีการเพิ่ม Location Measurement Unit(LMU) เพื่อ ความสอดคล้องของสัญญาณนาฬิกา ระหว่าง BS
Angle Of Arrival(AOA)	คำนวณจากมุมที่วัดได้ของสัญญาณจาก MS ไปที่ 2 BS หลังจากนั้นสร้างสมการเส้นตรงเพื่อทำการหาจุดตัดของสมการ	ใช้จำนวน BS 2 BS ความแม่นยำสูง	ต้องมีการปรับแก้ชุดสายอากาศอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น การคำนวณตำแหน่งค่อนข้างซับซ้อน
Global Positioning System(GPS)	คำนวณหาการมาถึงระหว่าง GPS Receiver กับดาวเทียมสื่อสารจำนวน 4 ดวง หลังจากนั้นสร้างสมการวงกลมจำนวน 4 สมการ เมื่อแก้สมการก็สามารถค้นหาตำแหน่งได้	ความแม่นยำสูงมากประมาณไม่เกิน 10 เมตรในสภาพแวดล้อมการไม่บดบังสัญญาณ	<ul style="list-style-type: none"> ใช้งานไม่ได้ดีสำหรับในบริเวณที่มีการบดบังสัญญาณสูง หรือในตึก (Indoor Environment) ระยะเวลาการนำข้อมูลมาคำนวณค่อนข้างสูงประมาณ 40-50 วินาที ต้องมีการปรับปรุง MS โดยการเพิ่ม GPS Receiver ทำให้เพิ่มขนาดและราคาเครื่องรับ
Database Correlation Method(DCM)	เก็บลักษณะเฉพาะของเส้นทาง Multipath Fingerprint ของสัญญาณจาก MS ไปที่ 1 BS แล้วทำการเปรียบเทียบค่า Multipath Fingerprint ที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลที่ทำกรวัดเก็บไว้ก่อนหน้านั้นแล้วทำการหาตำแหน่งของ MS	ต้องการเพียง 1 BS เพื่อการคำนวณตำแหน่ง	เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงส่งผลต่อความถูกต้องในการคำนวณตำแหน่งเมื่อ Multipath Fingerprint เปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม ต้องมีการปรับปรุงฐานข้อมูลอย่างสม่ำเสมอ

2.3 สภาพแวดล้อมการคำนวณที่ส่งผลกระทบต่อการคำนวณตำแหน่ง[1]



รูปที่ 2.11 แสดงสภาพแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่ง

2.3.1 การลดลงของกำลังของสัญญาณตามระยะทาง(Path Loss Model)[1]

การลดลงของกำลังของสัญญาณตามระยะทางสามารถคำนวณได้ด้วยการใช้สมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ได้ด้วยสมการของ PCS Extension to Hata Model(COST-231) ตามสมการที่ เพื่อให้สามารถใช้งานกับความถี่ย่าน 2 GHz ตามสมการที่ (2.16) ดังนี้

$$L_{50}(\text{urban})(\text{dB}) = 46.3 + 33.9 \log(f_c) - 13.82 \log(h_t) - a(h_r) + [44.9 - 6.55 \log(h_r)] \log(d) + C_m \quad (2.16)$$

เมื่อกำหนดให้ h_t เป็น ความสูงของสายอากาศของ BS มีหน่วยเป็นเมตร

h_r เป็น ความสูงของสายอากาศของ MS มีหน่วยเป็นเมตร

f_c เป็น ความถี่ของสัญญาณที่ใช้มีหน่วยเป็น Mhz

d เป็น ระยะห่างระหว่าง MS และ BS มีหน่วยเป็นเมตร

C_m เป็น ค่าคงที่ที่เปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมโดยที่

เท่ากับ 0 dB ในชุมชนเมืองขนาดกลาง

และเท่ากับ 3 dB สำหรับชุมชนชนบท

$a(h_r)$ เป็น ค่าของ Correction Factor สำหรับปรับค่าความถูกต้องตามสภาพแวดล้อมมีค่าตามสมการที่(2.17)

$$a(h_{re}) = 3.2(\log 11.75h_{re})^2 - 4.97 \quad (2.17)$$

2.3.2 สภาวะการส่งสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทาง(Multipath Fading)

ปรากฏการณ์ Multi path Fading หรือ Small Scale Fading [1] เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนของสิ่งรอบข้างเนื่องจากความสูงของเสาอากาศที่ MS ต่ำกว่าบริเวณทำให้เกิดการสะท้อนของสิ่งรอบข้าง ซึ่งการสะท้อนเหล่านี้ทำให้ภาครับได้รับสัญญาณมากกว่าหนึ่งทิศทางกำลังของสัญญาณที่รับได้จะเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็วขึ้นอยู่กับบางครั้งสัญญาณก็หักล้างกัน และบางครั้งสัญญาณก็เสริมกัน พิจารณาสมการทั่วไปของสัญญาณที่รับได้ที่ BS เมื่อผ่านช่องสัญญาณ Multipath

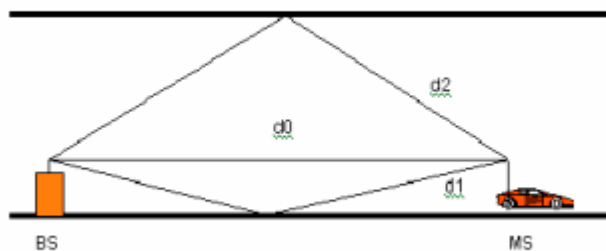
$$r(t) = s(t) + n(t) + \sum_{i=1}^M a_i s(t - \tau_i) + n_i(t - \tau_i) \quad (2.18)$$

เมื่อ a_i และ τ_i เป็นค่าของกำลังของสัญญาณ และค่าหน่วงเวลาเส้นทางที่ $i = 1, 2, \dots, M$ เราสามารถหาลำดับของสัญญาณได้จากสมการที่ (2.19) ได้ดังนี้

$$P_R = P_O \left[\sum_{i=1}^M \frac{a_i e^{j\theta_i}}{d_i} \right]^2 \quad (2.19)$$

เมื่อ $P_O = P_T G_R G_T (\lambda/4\pi)^2$ และ a_i และ θ_i เป็นค่าของกำลังและเฟสสัญญาณที่เส้นทางที่ $i = 1, 2, \dots, M$ ตามลำดับและ d_i เป็นระยะทางของเส้นทางที่ $i = 1, 2, \dots, M$

พิจารณารูปที่ 2.12 แสดงการเกิดปัญหา Multipath Fading Model เป็นตัวอย่างในกรณีที่มีเส้นทางจำนวน 3 เส้นทาง



รูปที่ 2.12 แสดงการเกิดปัญหา Multipath Fading Model

เราสามารถแสดงสภาวะการเกิดปัญหา Multipath Fading เพื่อแสดงกำลังและค่าความหน่วงเวลาของสัญญาณในเส้นทาง Multipath พิจารณาจากตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดง Power Delay Profile ในแต่ละเส้นทาง Multipath

COST-207 Model	
Delay- τ_0 (μs)	Fractional Power
0.0	0.189
0.2	0.379
0.5	0.239
1.6	0.095
2.3	0.061
5.0	0.037

จากตารางที่ 2.3 แสดงกำลังและค่าความหน่วงเวลาของเส้นทาง Multipath สำหรับโมเดล COST 207 เมื่อเทียบกับเส้นทาง LOS

สำหรับสภาวะการเกิดเส้นทาง Multipath เพียงเส้นทางเดียวเรียกว่า Flat Fading

ในสภาวะการเคลื่อนที่ของ MS เราสามารถทำการจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของความถี่ของสัญญาณ(Doppler Frequency) ที่ได้รับที่ MS โดยพิจารณาได้จากความสัมพันธ์ตามสมการที่ (2.20) และรูปที่ 2.13

$$f_d = \frac{v}{\lambda} \cos \theta \quad (2.20)$$

เมื่อ V เป็นค่าความเร็วของการเคลื่อนที่ของ MS หน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

λ เป็นความยาวคลื่นหน่วยเป็นเมตร

θ เป็นมุมที่ได้รับที่ MS จาก BS

เมื่อ MS เคลื่อนที่ออกจาก BS เราสามารถทำการวัดค่าของความถี่ที่เปลี่ยนไปตามสมการที่ (2.21)

$$f = f_c - f_d \quad (2.21)$$

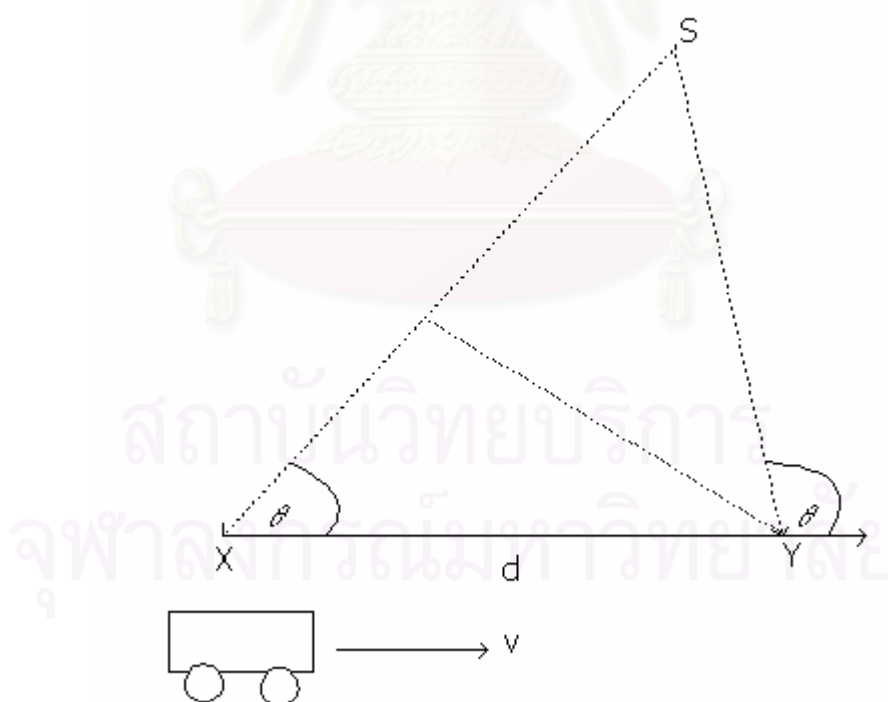
และ เมื่อ MS เคลื่อนที่เข้าหาจาก BS เราสามารถทำการวัดค่าของความถี่ที่เปลี่ยนไปตามสมการที่ (2.22)

$$f = f_c + f_d \quad (2.22)$$

เมื่อ f_c เป็นความถี่ของสัญญาณ Carrier Frequency

f เป็นความถี่ของสัญญาณที่ได้รับที่ BS

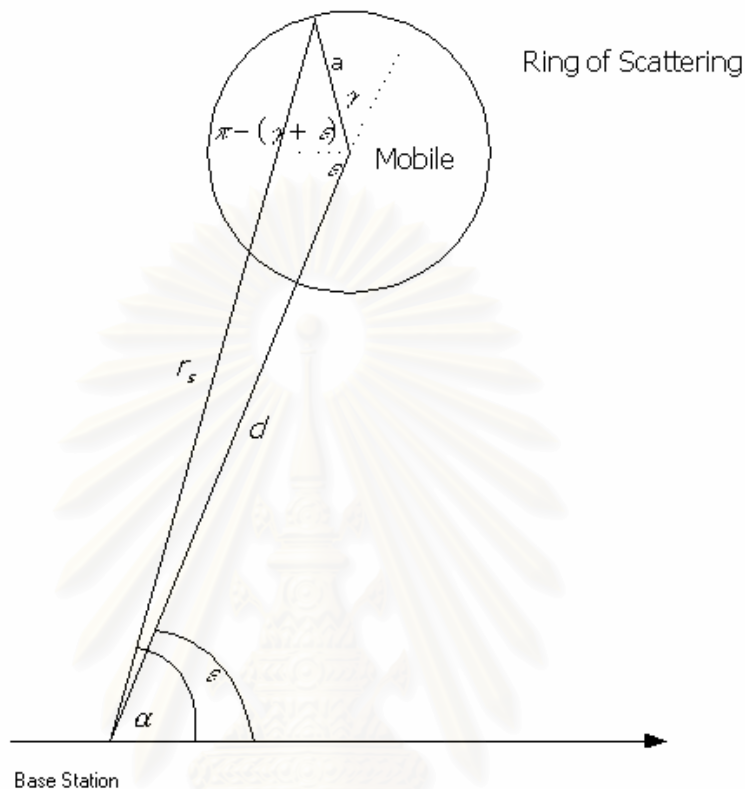
จากสมการที่ (2.20),(2.21),(2.22) พบว่าค่า f_d เปลี่ยนแปลงตามค่าความเร็วในกาเคลื่อนที่ของ MS ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนค่าความถี่ที่ได้รับที่ BS และส่งผลต่อค่าความผิดพลาดต่อบิต(Bit Error Rate) เพิ่มมากขึ้นเมื่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของ MS มากยิ่งขึ้น
พิจารณาจากรูปที่ 2.13 แสดงสภาวะการเกิดปรากฏการณ์ Doppler Shift



รูปที่ 2.13 แสดงสภาวะการเกิดปรากฏการณ์ Doppler Shift

จากรูปที่ 2.13 แสดงการเกิดปรากฏการณ์ Doppler Shift โดยรถเคลื่อนที่จากจุด X และ Y ซึ่งมีระยะห่าง d และเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v เมตรต่อวินาที

2.3.3 สภาพการส่งสัญญาณแบบกระเจิง(Scattering Propagation Model)



รูปที่ 2.14 สภาพการส่งสัญญาณแบบกระจาย (Scattering Ring)

จากรูปที่ 2.14 แสดงสภาพการส่งสัญญาณแบบกระจาย (Scattering Ring) ซึ่งเป็นสภาวะสำหรับการส่งสัญญาณเพื่อการคำนวณตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ในงานวิจัยนี้ โดยมีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้

รายละเอียดค่าตัวแปรต่าง ๆ สำหรับสภาพการส่งสัญญาณแบบกระจาย(Scattering Model) ตามตารางที่ 2.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าตัวแปรต่าง ๆ สำหรับสภาวะการส่งสัญญาณแบบกระเจิง (Scattering Model)

ค่าตัวแปร	คำอธิบาย
d	ค่าระยะห่างระหว่าง MS และ BS สำหรับเส้นทาง Line Of Sight (LOS) หรือ เส้นทางตรง(Direct Path)
r_s	ค่าระยะระหว่าง MS และ BS สำหรับเส้นทาง None Line Of Sight(NLOS) หรือเส้นทางอ้อม(Indirect Path)
α	ค่ามุมสำหรับการมาถึงของสัญญาณของสัญญาณจาก MS ไปที่ BS สำหรับเส้นทาง NLOS
ε	ค่ามุมสำหรับการมาถึงของสัญญาณของสัญญาณจาก MS ไปที่ BS สำหรับเส้นทาง LOS
a	ค่ารัศมีของ Scattering Ring
γ	ค่ามุมของ Scattering Ring

จากรูปที่ 2.14 เราสามารถทำการหาค่า r_s และค่า α สำหรับการคำนวณค่าการมาถึงของสัญญาณ (Time Of Arrival)-TOA และค่าการมาถึงของมุมของสัญญาณ(Angle Of Arrival)-AOA ตามลำดับ

พิจารณาสมการที่ (2.23) และ (2.24) แสดงค่าการหาค่า r_s และค่า α ตามลำดับ ดังนี้

$$r_s = \sqrt{a^2 + d^2 + 2ad \cos \gamma} \quad (2.23)$$

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{1}{r_s} (d \cos \varepsilon + a \cos (\gamma + \varepsilon)) \right) \quad (2.24)$$

เราสามารถทำการคำนวณค่าการมาถึงของสัญญาณ(TOA) สำหรับเส้นทาง LOS จากสมการที่ (2.25) และค่าการมาถึงของมุม(AOA)ได้จากสมการที่ (2.26)

$$TOA = \frac{r_s}{c} \quad (2.25)$$

เมื่อ c แสดงค่าความเร็วแสงมีค่าเท่ากับ $3 * 10^8$ เมตรต่อวินาที

$$AOA = \alpha \quad (2.26)$$

2.3.4 สัญญาณรบกวนในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

สัญญาณรบกวนแบบ Additive White Gaussian Noise Channel (AWGN) เนื่องจากสื่อสารโดยทั่วไปมักเกิดรบกวนซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของสัญญาณที่ภาครับได้เพื่อให้ทราบผลกระทบของสัญญาณรบกวนต่อผลความถูกต้องในการคำนวณตำแหน่งจึงได้เพิ่มสัญญาณรบกวนแบบ AWGN เข้าไปในการจำลองเราสามารถทำการหาค่าของกำลังของสัญญาณที่ได้รับต่อกำลังของสัญญาณรบกวนได้ดังนี้

$$SNR = 10 \log_{10} \left(\frac{P_r}{P_n} \right) = 10 \log_{10} (P_r) - 10 \log_{10} (P_n) \quad (2.27)$$

เมื่อ P_r เป็นกำลังของสัญญาณที่ได้รับมีหน่วยเป็นวัตต์

P_n เป็นกำลังของสัญญาณรบกวนมีหน่วยเป็นวัตต์ คำนวณได้จาก

โดยที่ $P_n = kTB$ เมื่อ k = ค่าคงที่ของ Boltzman

เท่ากับ $1.30 * 10^{23}$ จูลต่อเควิน, T = อุณหภูมิห้อง เท่ากับ 297 เควิน,

B = ความกว้างของแถบสัญญาณ เท่ากับ 1.25 MHz

SNR เป็น Signal-to-Noise Ratio หน่วยเป็น dB

2.4 การวัดประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่ง

การวัดประสิทธิภาพความถูกต้องในการคำนวณได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จ (Percent Of Success) ของผลต่างระยะทางที่น้อยกว่า 125 เมตร ตามข้อกำหนดของ FCC [2] ตามสมการที่ (2.28)

$$\sqrt{(x_e - x_a)^2 + (y_e - y_a)^2} \quad (2.28)$$

เมื่อ x_e, y_e เป็นตำแหน่งของ MS ที่คำนวณได้ตามแนวแกน X และ Y ตามลำดับ

และ x_a, y_a เป็นตำแหน่งของ MS กำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการอ้างอิงตามแนวแกน X และ Y ตามลำดับ

2.5 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 T.S.Rappaport, J.H.Reed, "Position Location Using Wireless Communication Highways of the Future", IEEE Communication Magazine, October 1996

งานวิจัย[2]นี้เป็นงานวิจัยที่กล่าวถึงเหตุผล ความสำคัญของระบบการค้นหาตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ รวมทั้งระบบการค้นหาโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่นิยมใช้ในปัจจุบันเช่น

ระบบ Global Positioning System (GPS) เป็นต้น รวมทั้งได้ทำการกล่าวถึงวิธีการค้นหาตำแหน่งได้แก่วิธีการค้นหาตำแหน่งแบบ Angle Of Arrival(AOA) และ Time Of Arrival(TOA) รวมทั้ง Time Difference Of Arrival(TDOA) รวมทั้งกล่าวถึงข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธีการคำนวณตำแหน่ง

- 2.5.2 James Caffery, Jr., "Subscriber Location in CDMA Cellular Networks", IEEE Transaction on Vehicular Technology, Vol.47, No.2, May 1998

งานวิจัย[8]นี้เป็นงานวิจัยที่ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพวิธีการคำนวณตำแหน่งแบบ Time Of Arrival(TOA) และ Angle Of Arrival(AOA) สำหรับสภาพแวดล้อมการคำนวณแบบต่าง ๆ เช่น สภาพแวดล้อมการลดลงของกำลังของสัญญาณตามระยะทาง(Path Loss Propagation) การลดลงของกำลังของสัญญาณเป็นช่วง ๆ เนื่องจากสิ่งบดบัง (Shadowing Propagation) และการเดินหลายเส้นทางของสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทาง (Multipath Fading Propagation) และการส่งสัญญาณในสภาวะกระเจิง (Scattering Propagation)

จากการศึกษาพบว่าในสภาพแวดล้อมการส่งสัญญาณแบบกระเจิงพบว่าเมื่อรัศมีของ Scattering Ring สูงขึ้นทำให้ความผิดพลาดในการคำนวณตำแหน่งสูงขึ้นเนื่องจากรัศมีของ Scattering Ring สูงทำให้มุมที่ผิดพลาดในการวัดสูงขึ้น

- 2.5.3 Li Cong, "Hybrid TDOA/AOA Mobile User Location of Wideband CDMA Cellular Systems", IEEE Transaction on Wireless Communication, Vol1, No.3, July 2002

งานวิจัย[12]นี้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการคำนวณตำแหน่งโดยการผสมกันระหว่างวิธี TDOA และ AOA เปรียบเทียบกับวิธีการคำนวณแบบ TDOA พบว่าประสิทธิภาพการคำนวณแบบวิธีผสมระหว่าง TDOA และ AOA ให้ประสิทธิภาพการคำนวณดีกว่าวิธีการคำนวณตำแหน่งแบบ TDOA หลักการของวิธีการผสมระหว่าง TDOA และ AOA โดยการนำเอาสัญญาณผ่านช่องสัญญาณไปลัดตขามา (Forward Link Pilot Channel) จาก BS ส่งไปที่ MS สำหรับการคำนวณแบบ TDOA และทำการคำนวณวิธีแบบ AOA ผ่านช่องสัญญาณไปลัดตขากลับ (Reverse Link Pilot Channel) จาก MS ไปที่ BS

สำหรับงานวิจัยนี้สรุปว่าประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่งแบบ TDOA และ AOA ให้ประสิทธิภาพดีกว่าการคำนวณตำแหน่งแบบ TDOA อย่างเดียว

- 2.5.4 Erol Hepsaydir, "Mobile Positioning in CDMA Cellular Networks", Vehicular Technology Conference, 1999. VTC 1999 - Fall. IEEE VTS 50th, Vol.2, 1999.

งานวิจัย[13]นี้ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพวิธีการคำนวณตำแหน่งแบบ TDOA สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ CDMA โดยการวัดการมาถึงของสัญญาณผ่านช่องสัญญาณไหลืด ซึ่งเป็นช่องสัญญาณสำหรับตรวจวัดความแรงของสัญญาณจาก BS ที่ MS โดยเป็นการวัดค่าผลต่างของเวลาของสัญญาณที่มาถึงคู่ของ BS และนำข้อมูลผลต่างด้านเวลามาทำการคำนวณด้วยการแก้สมการไฮเปอร์โบลิก ทำให้ค้นหาตำแหน่งของ MS ได้

จากการวิจัยพบว่าคุณภาพของช่องสัญญาณส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่ง โดยเมื่อคุณภาพช่องสัญญาณดีทำให้ความผิดพลาดในการคำนวณตำแหน่งต่ำลง รวมทั้งเมื่อเกิดการเดินหลายเส้นทางของสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทาง ส่งผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่ง

- 2.5.5 Jangsub Kim, Woogon Chung, "A Spatio-Temporal Channel Model for Position Location Techniques via AOA and TDOA", Vehicular Technology Conference, 2001. VTC 2001 Spring. IEEE VTS 53rd, Vol.1, 2001.

งานวิจัยนี้[14]จะทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพวิธีการคำนวณตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับวิธีการคำนวณตำแหน่งแบบ AOA และแบบ TDOA ในสภาวะการส่งสัญญาณแบบกระเจิง โดยการใช้วิธีของซันในการทำการหาตำแหน่งของ MS ในการแก้สมการไฮเปอร์โบลิกสำหรับวิธีการคำนวณตำแหน่งแบบ TDOA โดยการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงรัศมีของ Scattering Ring ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่งแบบ TDOA และแบบ AOA พบว่าเมื่อรัศมีของ Scattering Ring เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่งแบบ TDOA และแบบ AOA ต่ำลง

จากการจำลองพบว่าประสิทธิภาพวิธีการคำนวณตำแหน่งแบบ TDOA ให้ประสิทธิภาพดีกว่าการคำนวณแบบ AOA ในสภาวะการส่งสัญญาณแบบกระเจิง

บทที่ 3

รูปแบบและวิธีการจำลอง ผลลัพธ์การจำลอง การค้นหาตำแหน่งระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบซีดีเอ็มเอ

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการจำลองระบบ

ผู้วิจัยได้ทำการเลือกโปรแกรม MatLab Version 6.1 ซึ่งโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อใช้ในการจำลองการค้นหาตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ในระบบซีดีเอ็มเอเนื่องจากมีข้อดีหลายประการคือเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่เหมาะสมกับการกับการเขียนโปรแกรมในงานหลาย ๆ ด้านได้แก่ด้านการคำนวณต่าง เนื่องจากมี Built-in Function ให้เลือกใช้ และทำให้สามารถลดเวลาการเขียน Built-in Function ทำให้เวลาการพัฒนางานลดลง รวมทั้ง MatLab ยังมี Simulink Simulation Tool ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ ในรูปแบบ Graphic User Interface(GUI) และใช้ลักษณะการ Drag-and-Drop ในการเลือกองค์ประกอบต่าง ๆ ในการจำลอง ให้เลือกทั้งในด้านการสื่อสาร(Communication Toolbox) หรือ ด้านระบบควบคุม (Control Toolbox) เป็นต้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการเลือก Communication Toolbox เพื่อจำลองการทำงานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในระบบซีดีเอ็มเอ นอกเหนือไปจาก Built-in Function ที่มีใช้ในระบบแล้ว ผู้ใช้งานยังสามารถเขียน User-Defined Function ด้วยตัวเองและสามารถเขียนในลักษณะของ Script (M-File) เพื่อรวบรวม User-Defined Function หรือ Build-in Function มาไว้ในโปรแกรมเดียวกันและสามารถส่งผ่านพารามิเตอร์ในการเรียกใช้งานฟังก์ชันเหล่านั้นได้อย่างสะดวก นอกจากนั้นยังสามารถแสดงผลในรูปของกราฟในรูปแบบต่าง ๆ ได้ดี

สำหรับงานวิจัยได้ทำการเขียน Script-file(M-file) ในการกำหนดสิ่งแวดล้อมการการส่งสัญญาณจาก MS ไปที่ BS เช่นการกำหนดตำแหน่งของ BS และ MS หรือการคำนวณค่า Path Loss ต่าง ๆ เป็นต้น หลังจากนั้นจะทำการเรียกโปรแกรม Simulink เพื่อจำลองการส่งผ่านสัญญาณจาก MS ไปที่ BS ในแต่ละสภาพแวดล้อมที่กำหนดขึ้น เพื่อพิจารณาผลลัพธ์ต่าง ๆ เช่น ค่า BER เป็นต้น

3.2 การจำลองระบบ ML

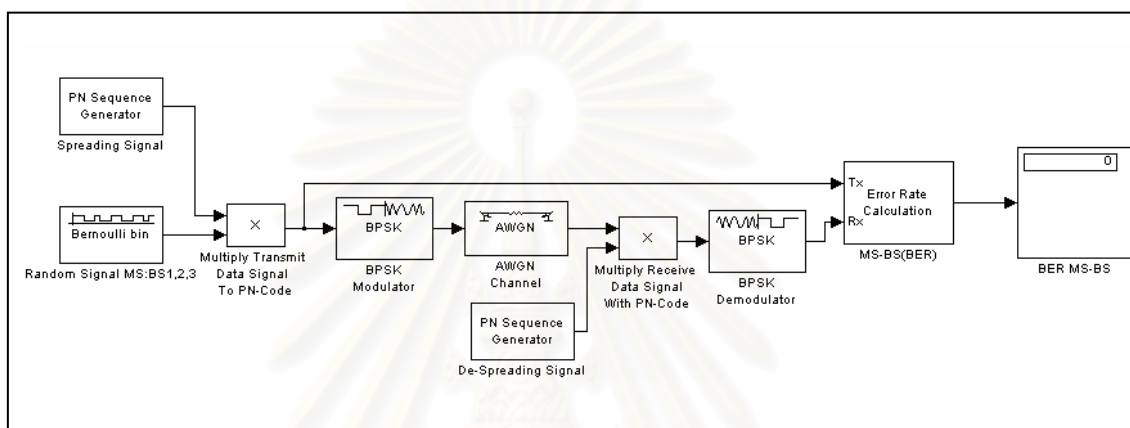
3.2.1 การจำลองการส่งผ่านสัญญาณจาก MS ไปที่ BS ผ่านช่องสัญญาณรบกวนแบบ (Additive White Guassian Noise)-AWGN

วัตถุประสงค์ เพื่อทำการศึกษาถึงผลกระทบต่อค่า Bit Error Rate (BER) ต่อคุณภาพ

ช่องสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนแบบ AWGN ที่เปลี่ยนไปในการส่งสัญญาณจาก BS ไปที่ MS

ขั้นตอนการจำลอง

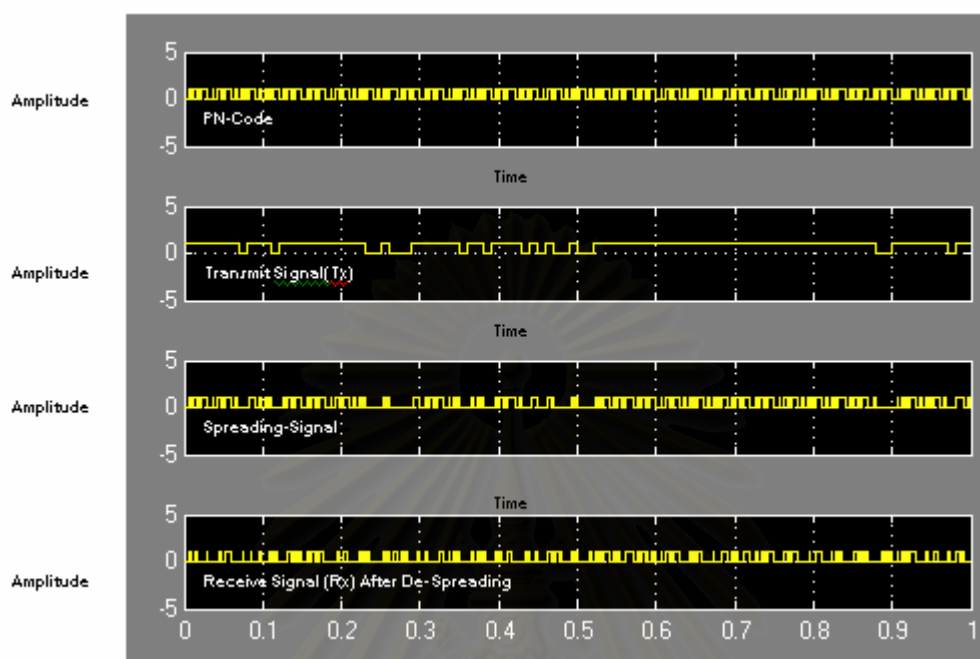
1. สร้างองค์ประกอบการจำลองประกอบด้วยส่วนของ MS ในการสร้างสัญญาณและช่องสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนแบบ AWGN โดยกำหนดให้ค่า SNR อยู่มีค่า $-40dB, 20dB$ พิจารณารูปที่ 3.1
2. ทำการเปลี่ยนแปลงค่า SNR ตามข้อ 1 ในช่องสัญญาณแบบ AWGN
3. ทำการวัดค่า BER ที่ BS และทำการสร้างกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่า SNR ของช่องสัญญาณแบบ AWGN กับค่า BER พิจารณารูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงการจำลองการส่งผ่านสัญญาณจาก MS ไปที่ BS ผ่านช่องสัญญาณ AWGN คำอธิบายรูป รูปที่ 3.1 เป็นการจำลองการส่งผ่านสัญญาณจาก MS ไปที่ BS โดยหลักการก็คือจะทำการสร้างสัญญาณสุ่มพัลส์(Pulse Random Signal) ซึ่งเป็นการจำลองการส่งผ่านสัญญาณของระบบซีดีเอ็มเอเนื่องจากระบบซีดีเอ็มเอหลักการดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 คือเมื่อต้องการส่งข้อมูล ข้อมูลที่ต้องการส่งจะถูกคูณด้วยลำดับสัญญาณที่เรียกว่า PN-code หรือที่เรียกว่าหลักการแพร่สัญญาณ(Signal Spreading) ซึ่งสัญญาณที่ได้รับจะคล้ายลักษณะของสัญญาณสุ่ม หลังจากนั้นจะทำการมอดดูเลตสัญญาณด้วยวิธี Binary Phase Shift Keying(BPSK) เพื่อส่งผ่านช่องสัญญาณวิทยุ เมื่อผ่านช่องสัญญาณรบกวนแบบ AWGN เพิ่มเข้าไปในสัญญาณที่ผ่านการมอดดูเลตแล้ว จะทำการดีมอดดูเลตด้วยวิธี BPSK เช่นกัน แล้วทำการตรวจสอบสัญญาณที่ส่งกับสัญญาณที่ได้รับเพื่อคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ค่า BER

กราฟเปรียบเทียบ

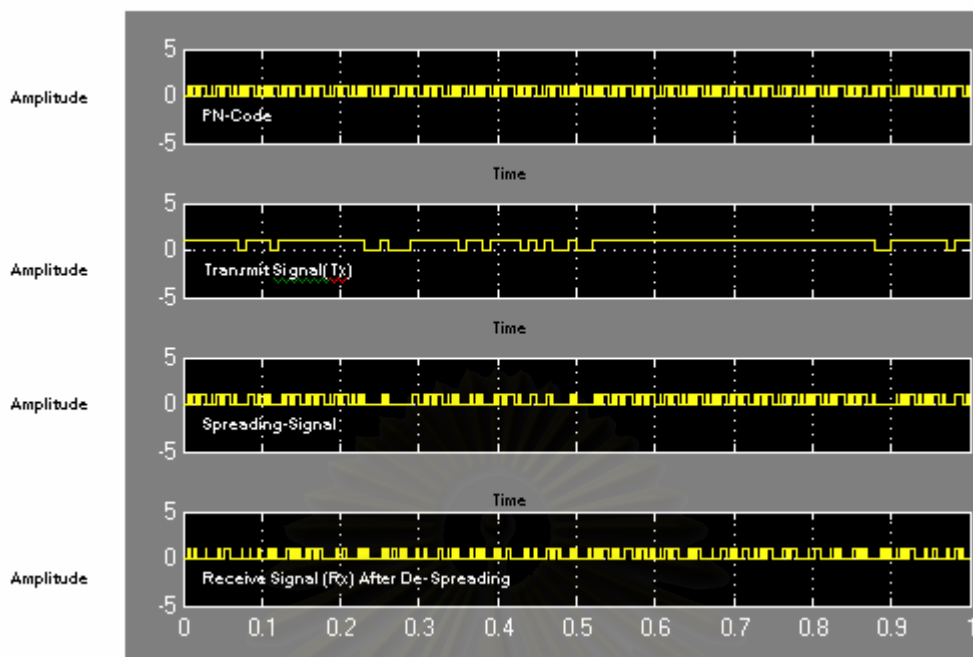
พิจารณารูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างของสัญญาณที่ส่งจาก MS ไปที่ BS หลังจากการถูกแพร่โดยสร้างจาก Simulink Toolbox ตามรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 แสดงสัญญาณที่ Transmission Signal ,Spreading-Signal, Receive Signal After De-Spreading ที่สร้างโดยใช้ MathLab Simulink Toolbox Bit Error Rate(BER)=0%

จากรูปที่ 3.2 เมื่อทำการ Sampling สัญญาณเพื่อทำการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดจะเท่ากันทุกตำแหน่งทำให้ BER=0% โดยการคำนวณค่า SNR ที่ $20dB$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



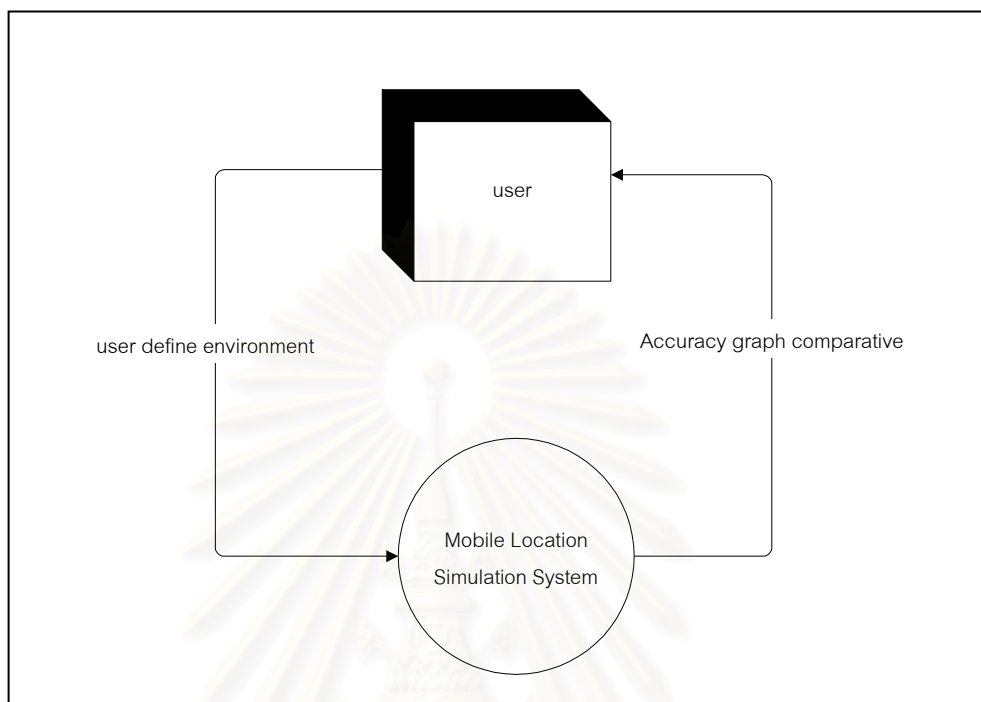
รูปที่ 3.3 แสดงสัญญาณที่ Transmission Signal ,Spreading Signal, Receive Signal After De-Spreading ที่สร้างโดยใช้ MathLab Simulink Toolbox Bit Error Rate(BER)=1.3%

จากรูปที่ 3.3 เมื่อทำการ Sampling สัญญาณเพื่อทำการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดจะไม่เท่ากันทุกตำแหน่งทำให้ BER=1.3% สาเหตุของการผิดพลาดเนื่องมาจากช่องสัญญาณมีสัญญาณรบกวนสูงทำให้ได้ค่า Signal-to-Noise Ratio (SNR) โดยการกำหนดค่า SNR เท่ากับ $-40dB$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2 การออกแบบระบบ(System Design)

- ภาพรวมของระบบ(Context Diagram)



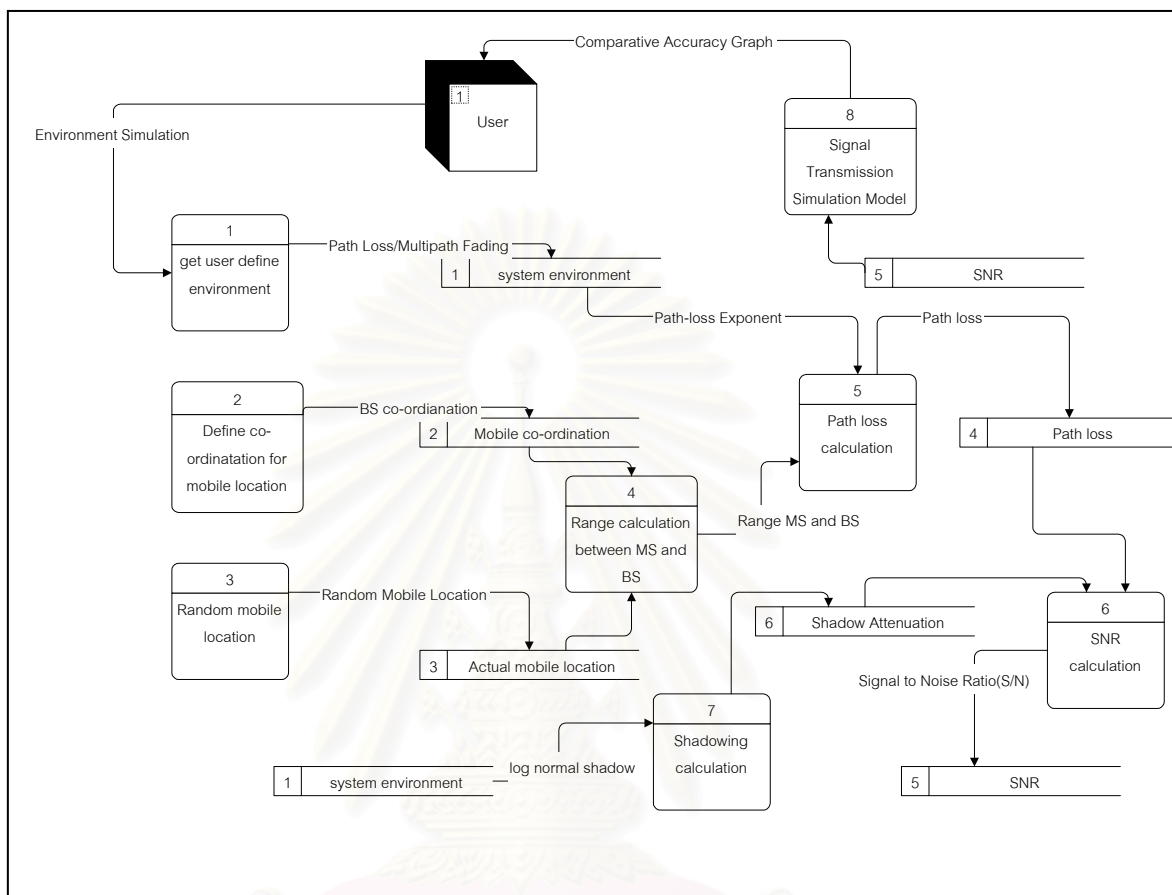
รูปที่ 3.4 แสดงภาพรวมของระบบ (Context Diagram) สำหรับการระบบการจำลองตำแหน่งระบบการค้นหาตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบซีดีเอ็มเอ

คำอธิบาย รูปที่ 3.4 สำหรับ Context Diagram เป็นการอธิบายถึงภาพรวมของระบบที่ทำการออกแบบ โดยเริ่มต้นจากผู้ใช้งานเป็นผู้กำหนดเงื่อนไขการจำลองตำแหน่งได้แก่ เช่นเงื่อนไขของช่องสัญญาณในแต่ละสภาพแวดล้อม

สำหรับผลลัพธ์ที่ผู้ใช้งานจะได้รับคือกราฟสรุปเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่งแบบ AOA และ TDOA ในสภาวะการส่งสัญญาณแบบกระเจิง และ ประสิทธิภาพการระบบ ML สำหรับวิธีการคำนวณแบบ TDOA ในสภาวะการส่งสัญญาณแบบการลดลงของกำลังของสัญญาณตามระยะทางและการเดินทางของสัญญาณเดิมหลายเส้นทาง

สำหรับคำอธิบายองค์ประกอบโดยละเอียดพิจารณาจาก ภาคผนวก ก.แสดงคำอธิบายแผนภาพการภาพรวมของระบบ และแผนภาพการไหลของข้อมูล

● แผนภาพแสดงการไหลของข้อมูล(Data Flow Diagram)-DFD ระดับที่ 1



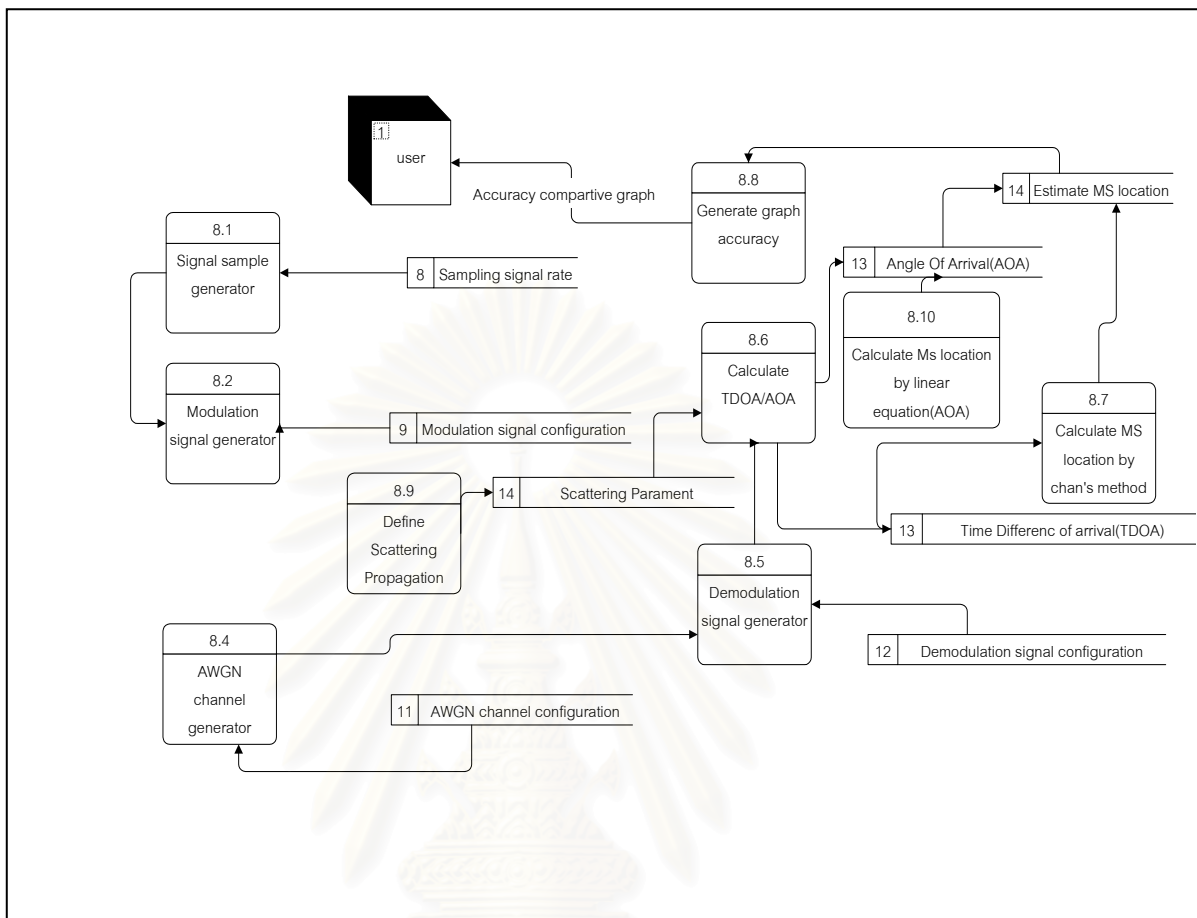
รูปที่ 3.5 แผนภาพแสดงการไหลของข้อมูล(Data Flow Diagram)-DFD ระดับที่ 1

คำอธิบายรูปที่ 3.5 จากรูปที่ 3.5 แสดงการไหลของข้อมูลระดับที่ 1 เพื่อให้เห็นภาพการไหลข้อมูลที่ละเอียดขึ้นเป็นการอธิบายเพิ่มเติมภาพ Context Diagram เมื่อผู้ใช้งานกำหนดสภาพแวดล้อมการคำนวณ

ระบบจะนำเอาสภาพแวดล้อมนำไปคำนวณหาค่าอัตราส่วนกำลังที่ได้รับและสัญญาณรบกวน (Signal To Noise Ratio)-SNR เพื่อเป็นเงื่อนไขการกำหนดคุณภาพช่องสัญญาณในการส่งจำลองการส่งสัญญาณจาก MS ไปที่ BS

สำหรับคำอธิบายองค์ประกอบโดยละเอียดพิจารณาจาก ภาคผนวก ก.แสดงคำอธิบายแผนภาพการรวมของระบบ และแผนภาพการไหลของข้อมูล

● แผนภาพแสดงการไหลของข้อมูล(Data Flow Diagram)-DFD ระดับที่ 2



รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงการไหลของข้อมูล(Data Flow Diagram)-DFD ระดับที่ 2

คำอธิบายรูปที่ 3.6 จากรูปที่ 3.6 แสดงแผนภาพการไหลของข้อมูลในระดับที่ 2 โดยข้อมูลที่เตรียมการกำหนดคุณภาพของช่องสัญญาณ(SNR) เป็นเงื่อนไขในการกำหนดคุณภาพช่องสัญญาณในการส่งสัญญาณจาก MS ไปที่ BS โดยเริ่มทำการจำลองการส่งข้อมูลจาก MS ไปที่ BS โดยการเริ่มการจำลองการส่งข้อมูล หลังจากนั้นจะทำการมอดูเลตสัญญาณด้วยวิธี Binary Phase Shift Keying(BPSK) ไปในช่องสัญญาณในแต่ละสภาพแวดล้อมได้แก่ ช่องสัญญาณ การลดลงของกำลังของสัญญาณตามระยะทาง

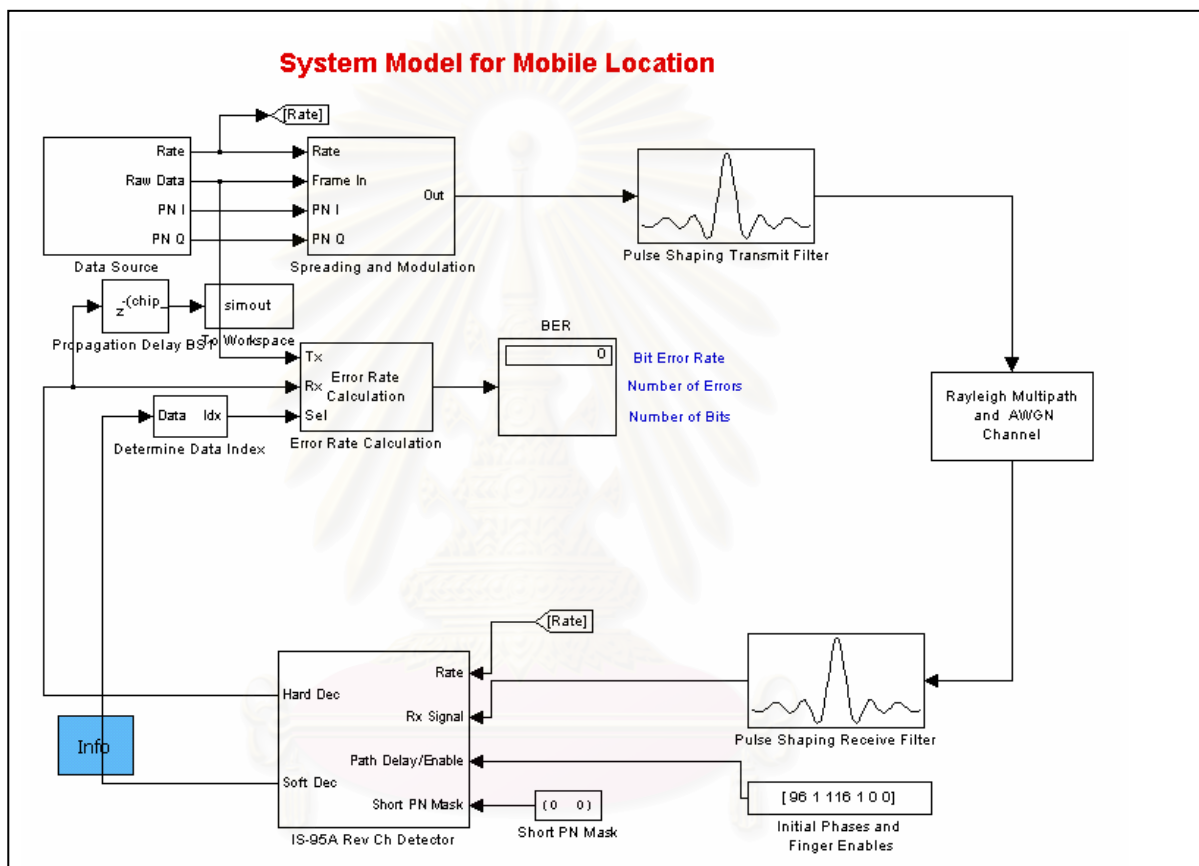
หลังจากนั้นจะทำการดีมอดูเลตสัญญาณแบบ BPSK เช่นกันจากนั้นจะนำสัญญาณที่ได้รับที่ BS นำสัญญาณจากสถานีฐานจำนวน 3 สถานีฐานมาคำนวณค่า TDOA เพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธีของชาน

สำหรับคำอธิบายองค์ประกอบโดยละเอียดพิจารณาจาก ภาคผนวก ก.แสดงคำอธิบายแผนภาพรวมของระบบ และแผนภาพการไหลของข้อมูล

สำหรับคำอธิบายของค์ประกอบโดยละเอียดพิจารณาจาก ภาคผนวก ก.แสดงคำอธิบาย แผนภาพการภาพรวมของระบบ และแผนภาพการไหลของข้อมูล

3.2.3 การสร้างรูปแบบการจำลองการคำนวณตำแหน่ง(System Model)

- รูปแบบการจำลองสำหรับการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธี TDOA ในสภาพแวดล้อมแบบ Multipath Fading Model



รูปที่ 3.7 รูปแบบการจำลองสำหรับการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธี TDOA ในสภาพแวดล้อมแบบ Multipath Fading

คำอธิบายรูปที่ 3.7

จากรูปที่ 3.7 เป็นโมเดลหลักในการส่งสัญญาณจาก MS ไปที่ BS โดยเริ่มต้นสัญญาณข้อมูลที่ต้องการส่งสัญญาณจะถูกสเปรดและมอดูเลตที่ภาคส่งของ MS และจะทำการดีสเปรดสัญญาณและดีมอดูเลตสัญญาณที่ได้รับที่ภาครับของ BS โดยทำการส่งผ่านช่องสัญญาณ Multipath Fading

3.2.4 ขั้นตอนและรายละเอียดการจำลองระบบสำหรับวิธี TDOA ขั้นตอนการจำลองระบบ เป็นโดยแบ่งการสร้างแบบจำลองเป็น 2 ขั้นตอนได้แก่

1.แบบจำลองเตรียมข้อมูลก่อนการคำนวณตำแหน่ง พิจารณารูปที่ 3.8 ได้แก่ขั้นตอนหลักคือ

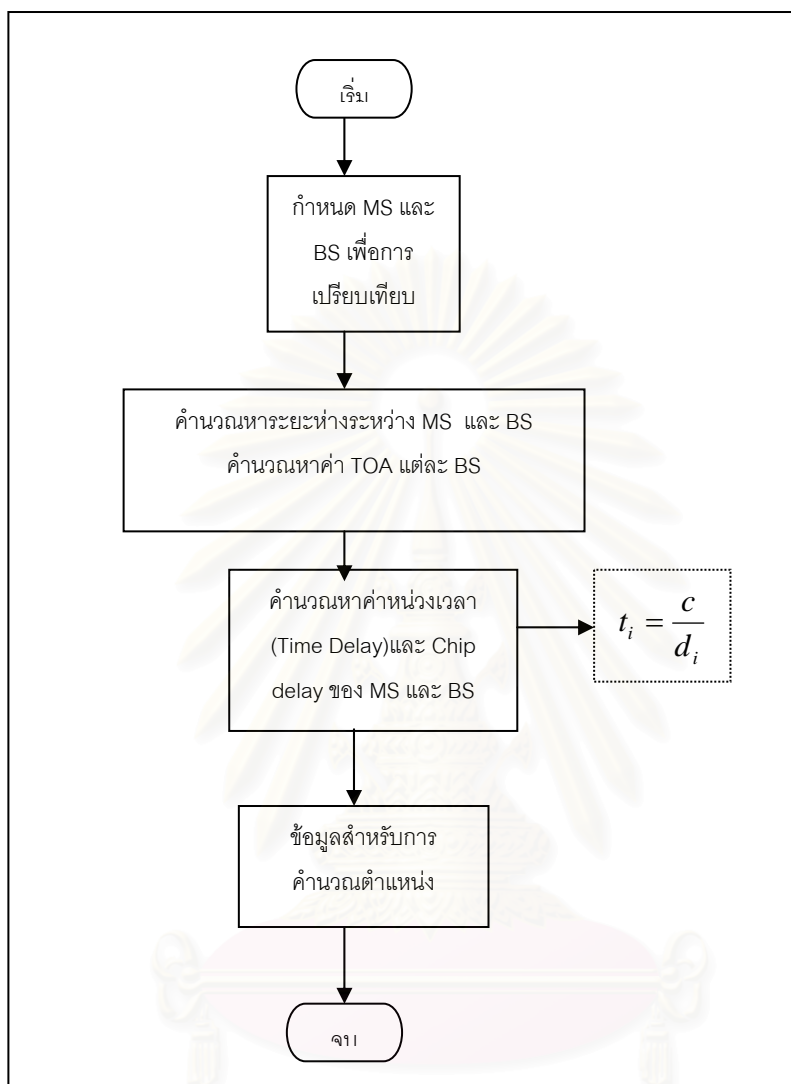
- การสร้างตำแหน่งอ้างอิงสำหรับการคำนวณ พิจารณารูปที่ 3.9
- กำหนดตำแหน่งศูนย์กลางของ MS เพื่อใช้อ้างอิงในการคำนวณตามสมการที่ (3.7)-(3.10)
- กำหนดตำแหน่ง BS ตามสมการที่ (3.1)-(3.6)

2.แบบจำลองสำหรับการจำลองการหาตำแหน่ง พิจารณาจากรูปที่ 3.7

- การสร้างสัญญาณจาก MS ไปที่ BS ที่ i เมื่อ $i = 1,2,3$ ตามรูปที่ 3.10
- คำนวณหาค่าสูงสุดของคอร์เรชันของสัญญาณเพื่อคำนวณหาค่า TDOA
- การคำนวณหาตำแหน่ง MS แก่สมการไฮเปอร์โบลิกตามหลักการของชาน ตามสมการที่ (2.3)-(2.13)
- การเปรียบเทียบความถูกต้องการคำนวณตำแหน่งจากค่า Percent Of Success ตามสมการที่ ตามสมการที่ (2.27)

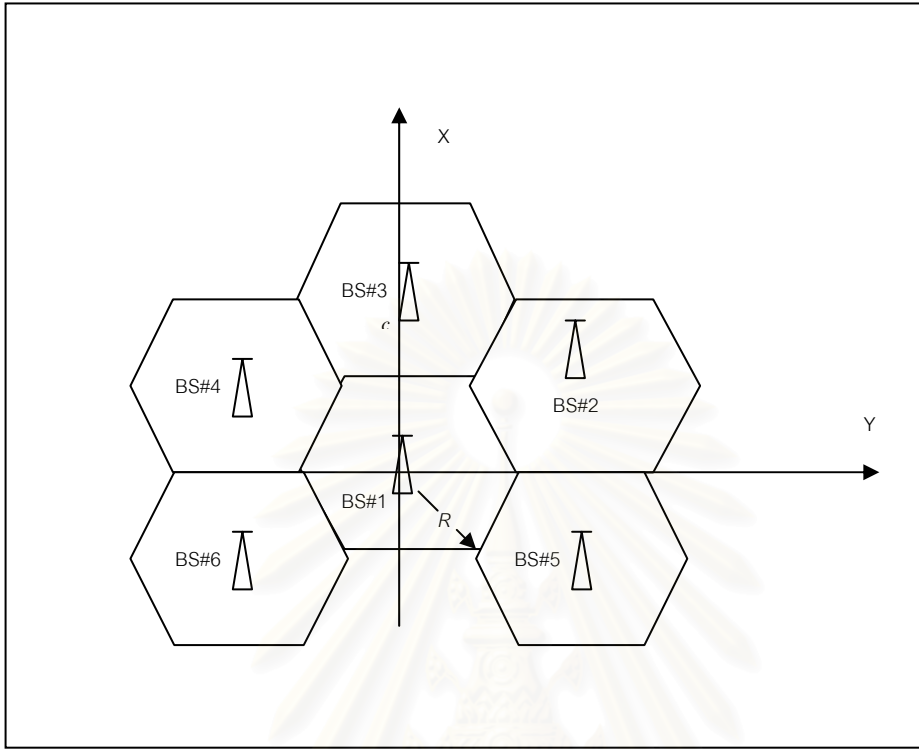
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิจารณารูปที่ 3.8 แสดงขั้นตอนการเตรียมข้อมูลก่อนการคำนวณตำแหน่ง



รูปที่ 3.8 แสดงขั้นตอนการเตรียมข้อมูลก่อนการคำนวณตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ รายละเอียดสำหรับขั้นตอนการเตรียมข้อมูลก่อนการคำนวณตำแหน่งตามรูปที่ 3.8

- 1.การกำหนดตำแหน่งร่วมสำหรับ BS และ MS ทำการออกแบบ BS ที่ใช้ในการทดลองโดยเป็นการแบ่งตามขนาดรัศมีของ BS โดยมีลักษณะเป็นรูป 8 เหลี่ยมตาม รูปที่ 3.9 แสดง BS ที่ใช้ในการทำการจำลองโดยกำหนดขนาดของรัศมี R ว่าถ้าเป็น Macro-cellular Environment ให้มีขนาดเท่ากับ 5 กิโลเมตร โดยแต่ละ BS อาจมีการกำหนด 3-4 BS ขึ้นอยู่กับความต้องการในการจำลอง แต่ละ BS ใช้พิกัดร่วมกันในการอ้างอิงตำแหน่งเดียวกัน



รูปที่ 3.9 แสดง 6 BS ที่ใช้ในการทำการจำลองโดยกำหนดขนาดของรัศมี R

จากรูปที่ 3.9 การกำหนดรัศมีของ BS ขึ้นอยู่กับว่าต้องการคำนวณในสภาวะแวดล้อมอย่างไรดังที่กล่าวไปแล้วว่าเป็น Macro cell Environment หรือ Micro Cell Environment และตำแหน่งของ MS จะกำหนดให้คงที่ต่อการคำนวณแต่ละครั้ง

โดยการกำหนดพิกัดมีรายละเอียดดังนี้

$$\text{พิกัด BS ตำแหน่งที่ 1 เท่ากับ } [0,0] \quad (3.1)$$

$$\text{พิกัด BS ตำแหน่งที่ 2 เท่ากับ } [2R \cos(\pi/6) \sin(\pi/3), 2R \cos(\pi/6) \cos(\pi/3)] \quad (3.2)$$

$$\text{พิกัด BS ตำแหน่งที่ 3 เท่ากับ } [0, 2R \sin(\pi/3)] \quad (3.3)$$

$$\text{พิกัด BS ตำแหน่งที่ 4 เท่ากับ } [-2R \cos(\pi/6) \sin(\pi/3), 2R \cos(\pi/6) \cos(\pi/3)] \quad (3.4)$$

$$\text{พิกัด BS ตำแหน่งที่ 5 เท่ากับ } [2R \cos(\pi/6) \sin(\pi/3), -2R \cos(\pi/6) \cos(\pi/3)] \quad (3.5)$$

$$\text{พิกัด BS ตำแหน่งที่ 6 เท่ากับ } [-2R \cos(\pi/6) \sin(\pi/3), -2R \cos(\pi/6) \cos(\pi/3)] \quad (3.6)$$

เมื่อ R เป็นค่าของรัศมีของ BS มีหน่วยเป็นเมตร

2. สร้างตัวเลขสุ่มสำหรับตำแหน่งของเครื่องรับโทรศัพท์โดยมีรายละเอียดดังนี้

เพื่อกำหนดตำแหน่งของ Mobile Station (MS) เพื่อใช้ในการอ้างอิงความถูกต้องในการคำนวณโดยใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{ตำแหน่งอ้างอิงของ MS เมื่อตามแนวแกน } x = R/2(1 - \sqrt{U}) \quad (3.7)$$

$$\text{ตำแหน่งอ้างอิงของ MS เมื่อตามแนวแกน } y = \sqrt{3}(x + V) \quad (3.8)$$

$$\text{เมื่อ } U \text{ เป็น จำนวนสุ่มโดยมีค่าอยู่ระหว่าง } 0 < U < 1 \quad (3.9)$$

$$\text{และ } V \text{ เป็น จำนวนสุ่มโดยมีค่าอยู่ระหว่าง } 0 < V < \sqrt{3}(R/2 - x) \quad (3.10)$$

และ R เป็น รัศมีของ Cell ที่ต้องการสุ่มตำแหน่ง

3. คำนวณหาระยะห่างระหว่าง MS และ BS ที่ $i = 1, 2, 3$

เราสามารถทำการคำนวณได้ด้วยหลักการหาระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด ดังนี้

$$D_i = \sqrt{(x - X_i)^2 + (y - Y_i)^2} \quad \text{เมื่อ } i = 1, 2, 3 \quad (3.11)$$

เมื่อ D_i เป็นค่าระยะห่างระหว่าง MS กับ BS ที่ i

(x, y) และ (X_i, Y_i) เป็นตำแหน่งของ MS และ ตำแหน่งของ BS ที่ i สำหรับ

$i = 1, 2, 3$

4. การคำนวณหาค่าหน่วงเวลา (Time Delay) สำหรับ MS และ BS ที่ $i = 1, 2, 3$

จากสูตรการคำนวณ

$$t_i = \frac{c}{R_i} \quad (3.12)$$

โดยที่

t_i เป็นค่าหน่วงเวลา (Time Delay) ระหว่าง MS และ BS ที่ i เมื่อ $i = 1, 2, 3$

c เป็นค่าของสัญญาณเท่ากับ 3×10^8 เมตร/วินาที

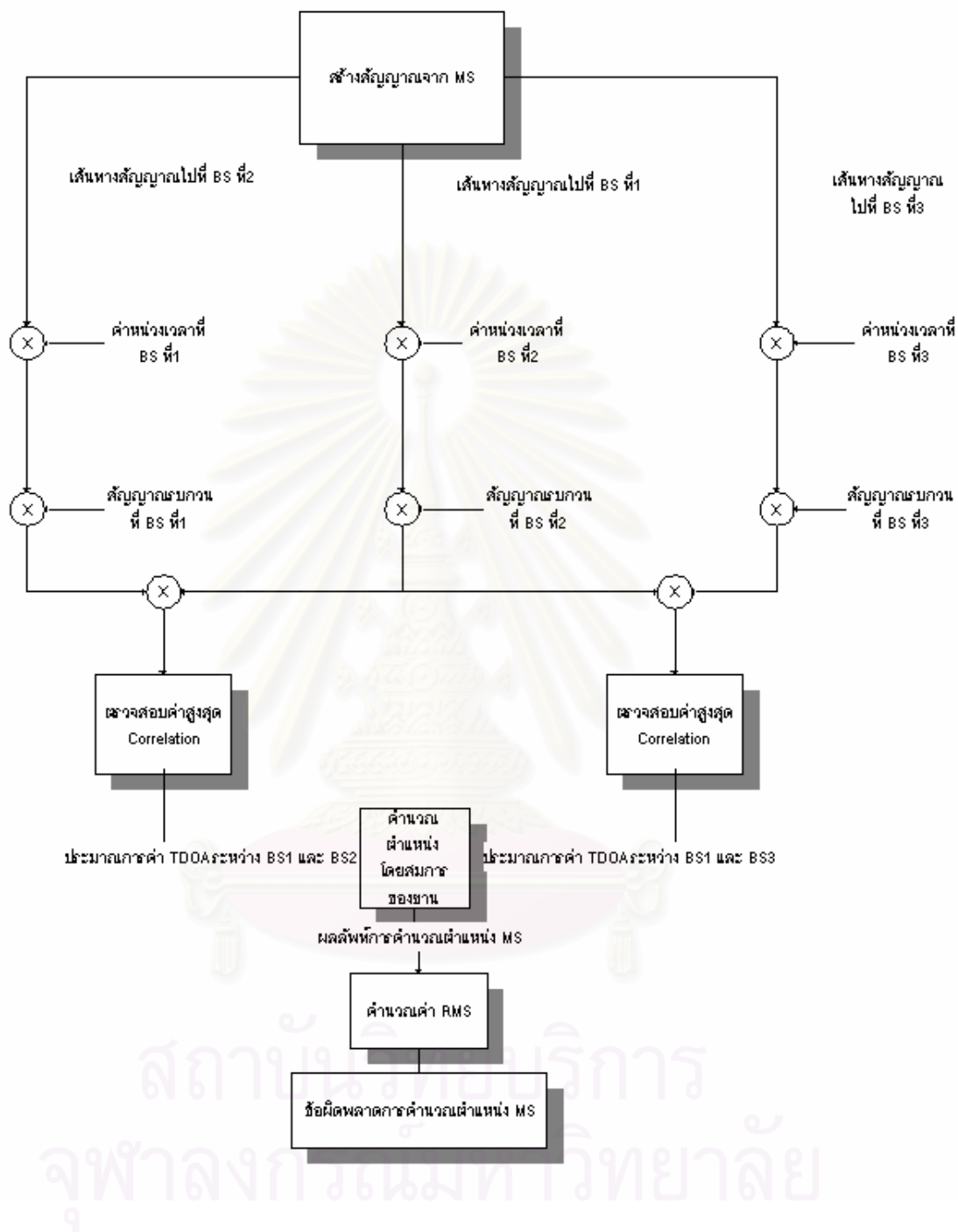
R_i เป็นระยะห่างระหว่าง MS และ BS ที่ i เมื่อ $i = 1, 2, 3$ หน่วยเป็น เมตร

เราสามารถทำการหาค่า Chip Delay เมื่อเปรียบเทียบกับ Chip period กำหนดให้ $T_C = 813.87 \text{ sec}$ ทำให้เราสามารถได้จาก

$$Cd_i = \frac{t_i}{T_C} \quad (3.13)$$

เมื่อ Cd_i เป็นค่าของ Chip Delay ของสัญญาณที่ Spread ด้วยชุด PN-Code สำหรับ Processing Gain = 128 ระหว่าง MS และ BS ที่ i เมื่อ $i = 1, 2, 3$

พิจารณารูปที่ 3.10 แสดงรูปแบบการจำลองระบบหลักการคำนวณตำแหน่ง



รูปที่ 3.10 แสดงรูปแบบการจำลองระบบหลักการคำนวณค่าเฉลี่ย

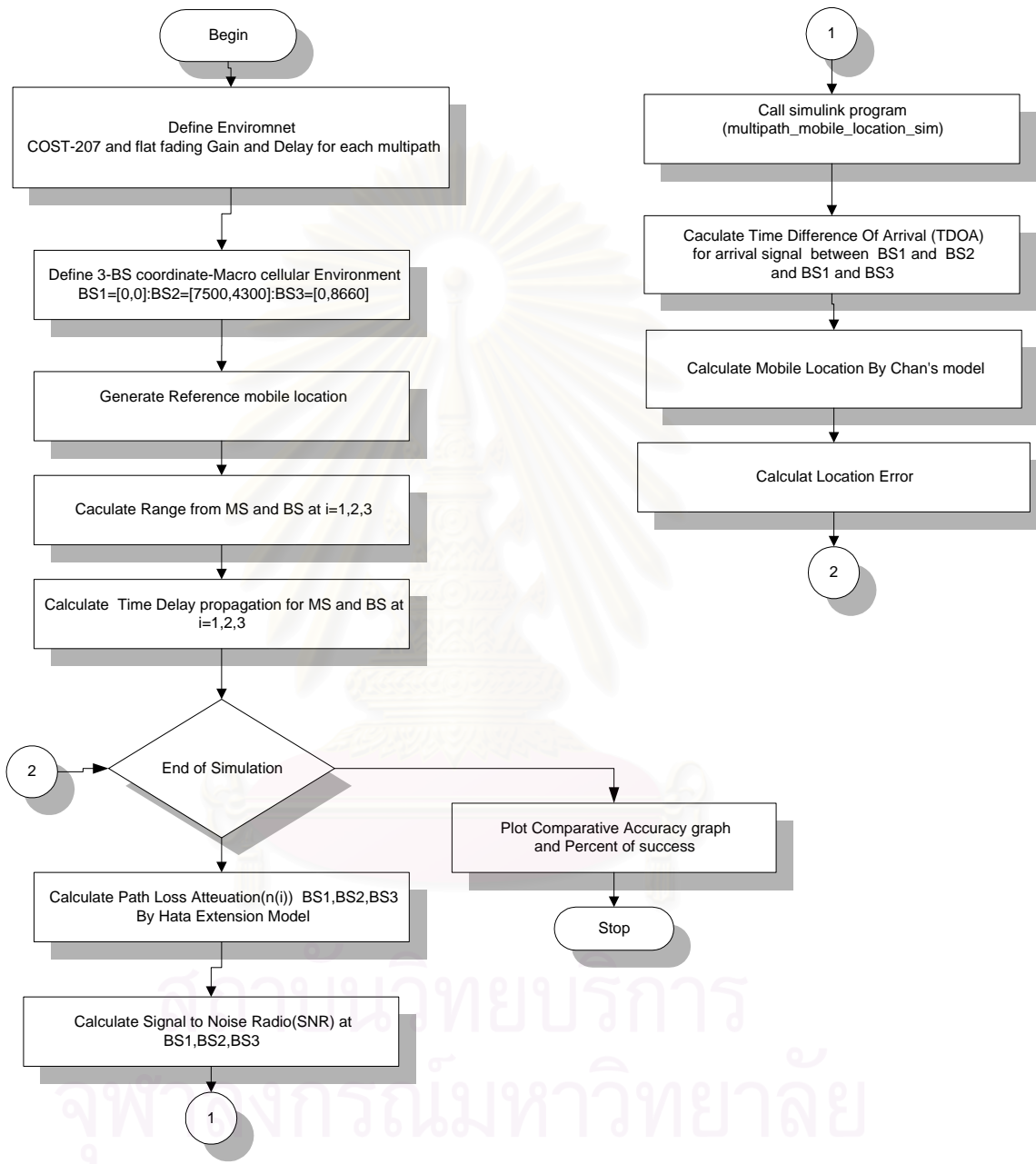
จากรูปที่ 3.10 สามารถอธิบายขั้นตอนการจำลองตำแหน่งได้ดังนี้

1. เริ่มต้นการจำลองการส่งสัญญาณของ MS ไปที่ BS ทั้งสามสถานีฐาน
2. ทำการกำหนดสภาพแวดล้อมการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณกับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ สภาพแวดล้อม สภาพทั่วไปสำหรับการเกิดปรากฏการณ์ต่าง
3. ทำการคำนวณหาค่า SNR จากสมการที่ (2.27) เพื่อใช้เป็นสัญญาณรบกวนในระบบ
4. คำนวณหาค่า TDOA ตามสมการที่ (2.6)
6. นำค่า TDOA ที่หาได้ไปคำนวณหาตำแหน่งด้วยวิธีของชานตามสมการที่(2.3)-(2.13)
7. คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง ตามสมการที่(2.28)
8. แสดงผลค่า RMS ด้วยรูปแบบของกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่งในวิธี TDOA ในแต่ละสภาพแวดล้อมการลดลงของกำลังของสัญญาณตามระยะทางและการลดลงของกำลังของสัญญาณเป็นช่วง ๆ เมื่อมีการบดบังสัญญาณ
9. จบการคำนวณตำแหน่งระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.5 โฟลว์ชาร์ทโปรแกรมการจำลอง(System Flowchart)

- โฟลว์ชาร์ทโปรแกรมสำหรับการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธี TDOA และ AOA ในสภาวะการส่งสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทาง(Multipath Fading)



รูปที่ 3.11 โฟลว์ชาร์ทโปรแกรมสำหรับการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธี TOA และ TDOA ในสภาวะการส่งสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทาง(Multipath Fading)

- โฟลว์ชาร์ทโปรแกรมสำหรับการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธี TDOA และ AOA ในสภาพแวดล้อมแบบสภาวะการส่งสัญญาณแบบกระเจิง



รูปที่ 3.12 โฟลว์ชาร์ทโปรแกรมสำหรับการคำนวณตำแหน่งด้วย TDOA และแบบ AOA ในสภาพแวดล้อมแบบ Scattering Propagation Model

ขั้นตอนที่ 1 ทำการกำหนดตำแหน่งสุ่มของเครื่องรับ ตามสมการที่ (3.7)-(3.10) และกำหนดค่าตำแหน่งของสถานีฐานตามรัศมีของสถานีฐานตามสมการที่ (3.1)-(3.6)

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของ Scattering Ring หรือค่า a ตามตารางที่ 2.4 โดยทำการกำหนดขนาดของ Scattering Ring แปรผันตามระยะทางระหว่าง MS และ BS พิจารณาจากสมการที่ 3.14

$$\text{Scattering_ring} = \text{Scattering_ratio} * D \quad (3.14)$$

เมื่อ Scattering_ratio เป็นค่าคงที่มีค่าเพื่อกำหนดขนาดของ อยู่ระหว่าง 0.03-0.1

D เป็นค่าระยะห่างระหว่าง MS และ BS (เมตร) คำนวณตามสมการที่

ขั้นตอนที่ 3 สร้างตัวแปรสุ่มที่มีการกระจายแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Probability Distribution) ซึ่งก็คือการที่ตัวแปรสุ่มมีค่าได้เป็น $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ มีโอกาสเกิดขึ้นเท่า ๆ กันคือ มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{n}$

สำหรับตัวแปรสุ่มที่สร้างขึ้นเป็นการสร้างตัวแปรสุ่มสำหรับกำหนดค่ามุมสำหรับ Scattering Ring หรือค่า γ ตามตารางที่ 2.4 เพื่อเป็นค่าเริ่มสำหรับการคำนวณตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยมีค่าอยู่ระหว่าง $[0, 2\pi]$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณหาค่าระยะห่างระหว่าง MS และ BS หรือค่า d ตามตารางที่ 2.4 สำหรับเส้นทางที่ต้องการคำนวณ พิจารณาจากสมการที่ (3.15)

คำนวณหาระยะห่างระหว่าง MS และ BS ที่ $i = 1, 2, 3$

เราสามารถทำการคำนวณได้ด้วยหลักการหาระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด ดังนี้

$$d_los_i = \sqrt{(x - X_i)^2 + (y - Y_i)^2} \quad \text{เมื่อ } i = 1, 2, 3 \quad (3.15)$$

เมื่อ d_los_i เป็นค่าระยะห่างระหว่าง MS กับ BS ที่ i สำหรับเส้นทาง LOS (เมตร)

(x, y) และ (X_i, Y_i) เป็นตำแหน่งของ MS และ ตำแหน่งของ BS ที่ i สำหรับ

$i = 1, 2, 3$ ตามลำดับ

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณหาค่าระยะห่างระหว่าง MS และ BS สำหรับเส้นทาง NLOS หรือค่า $(r_s + a)$ ตามตารางที่ 2.4 พิจารณาจากสมการที่ (3.16)

$$d_nlos_i = (r_s + a) \quad (3.16)$$

เมื่อ d_nlos_i เป็นค่าระยะห่างระหว่าง MS และ BS ที่ i สำหรับเส้นทาง NLOS (เมตร)

r_s เป็นค่าระยะห่าง Scattering Ring และ BS (เมตร)

a เป็นค่ารัศมีของ Scattering Ring (เมตร)

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณหาค่า TOA และค่า AOA หรือค่า α ตามตารางที่ 2.4 เพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณตำแหน่ง สำหรับเส้นทาง NLOS พิจารณาจากสมการที่ (3.17) และ (3.18) ตามลำดับ

$$toa_nlos_i = \frac{d_nlos_i}{c} \quad (3.17)$$

เมื่อ toa_nlos_i เป็นเวลาการมาถึงของสัญญาณ(Time Of Arrival)-TOA ระหว่าง MS และ BS ที่ i สำหรับเส้นทาง NLOS(วินาที)

และ d_nlos_i เป็นค่าระยะห่างระหว่าง MS และ BS ที่ i สำหรับเส้นทาง NLOS(เมตร) และ c แสดงค่าความเร็วแสงมีค่าเท่ากับ $3 * 10^8$ เมตรต่อวินาที

$$aoa_nlos_i = \alpha_i \quad (3.18)$$

เมื่อ aoa_nlos_i เป็นเวลาการมาถึงของสัญญาณ(Angle Of Arrival)-AOA ระหว่าง MS และ BS ที่ i สำหรับเส้นทาง NLOS (เรเดียน)

และ α_i เป็นค่ามุมที่หาได้จากสมการที่ (2.19) ระหว่าง MS และ BS ที่ i

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณหาค่าตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับวิธี TDOA และวิธี AOA

สำหรับวิธี TDOA เนื่องจากเรทราบค่า TOA ตามสมการที่ (3.17) ทำให้เราสามารถหาค่าเวลาที่แตกต่างกันของการมาถึงของสัญญาณ(Time Difference Of Arrival)-TDOA ได้ตามสมการที่ (3.19)

$$tdoa_nlos_{i,j} = toa_nlos_i - toa_nlos_j \quad (3.19)$$

เมื่อ $tdoa_nlos_{i,j}$ เป็นค่า TDOA สำหรับ BS ที่ i และ j ตามลำดับ

และ toa_nlos_i, toa_nlos_j เป็นค่า TOA เส้นทาง NLOS สำหรับ BS ที่ i

และ j ตามลำดับ

เมื่อเรานำค่า TDOA ตามสมการที่ (3.19) มาทำการแก้สมการไฮเปอร์โบลิกตามสมการที่ (2.7) ซึ่งเป็นสมการประเภทไม่เชิงเส้น (Non-Linear Equation) ด้วยวิธีของชานตามสมการที่ (2.3)-(2.13) ทำให้เราสามารถหาตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้สำหรับวิธี TDOA

สำหรับวิธี AOA เนื่องจากเราทราบค่ามุมการมาถึงของสัญญาณจาก MS ไปที่ BS จำนวน 2 BS ตามสมการที่ (3.18) ทำให้เราสามารถสร้างสมการเส้นตรง (Linear Equation) ได้จำนวน 2 สมการตามสมการที่ (2.14) และ (2.15) ทำให้สามารถหาตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ด้วยวิธี AOA

ขั้นตอนที่ 8 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธี TDOA และแบบ AOA สำหรับสภาวะการส่งสัญญาณแบบกระเจิง



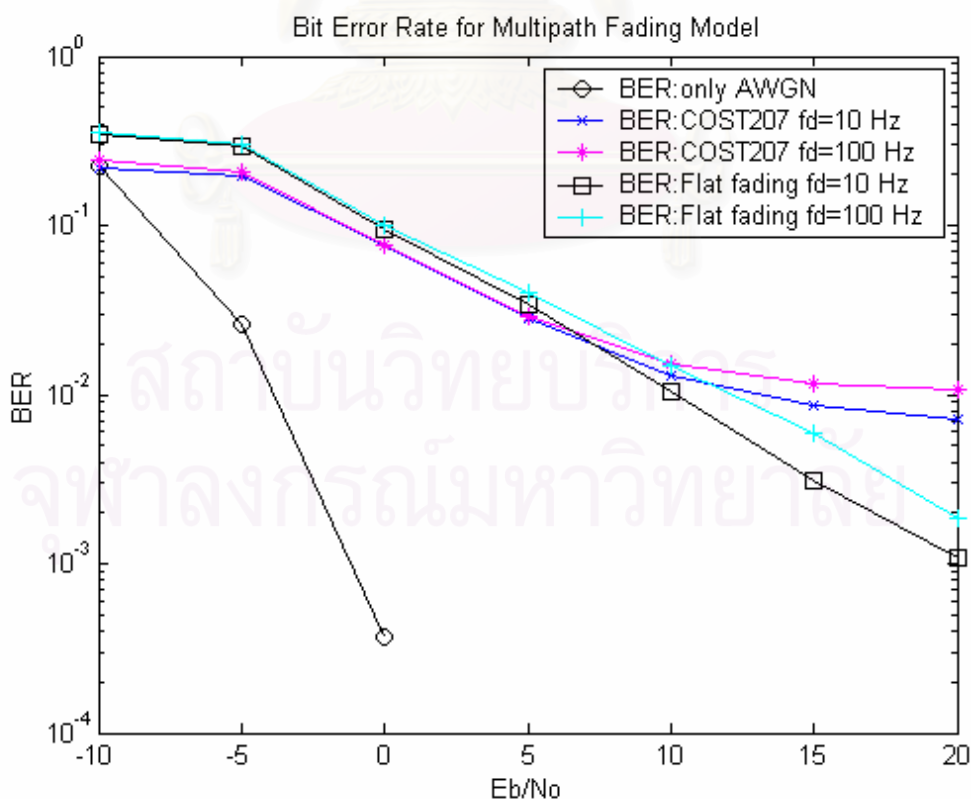
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากวิธีการจำลองและขั้นตอนการค้นหาตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ทำให้สามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการของ ML วิธีการคำนวณตำแหน่งแบบ AOA และแบบ TDOA ในสภาพแวดล้อมการส่งสัญญาณแบบกระเจิง และทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของการคำนวณตำแหน่ง TDOA และ AOA ในสภาวะการส่งสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทางโดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพตาม COST 207 และ Flat-fading สำหรับความถี่ Doppler สำหรับที่ 10 Hz และ 100 Hz เพื่อทำการพิจารณาผลกระทบของความเร็วในการเคลื่อนที่ของ MS ซึ่งสัมพันธ์กับความถี่ Doppler ตามสมการที่ (2.20) กับประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่งแบบ TDOA

4.1 ผลการพิจารณาความผิดพลาดในการวัดค่า BER เพื่อเปรียบเทียบกับกรณีเกิดสภาวะการส่งสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทาง สำหรับ COST 207 และ Flat-Fading พิจารณาจากรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงผลกระทบต่อ BER สำหรับ COST-207 และ Flat-fading ในแต่ละความถี่ Doppler (fd)

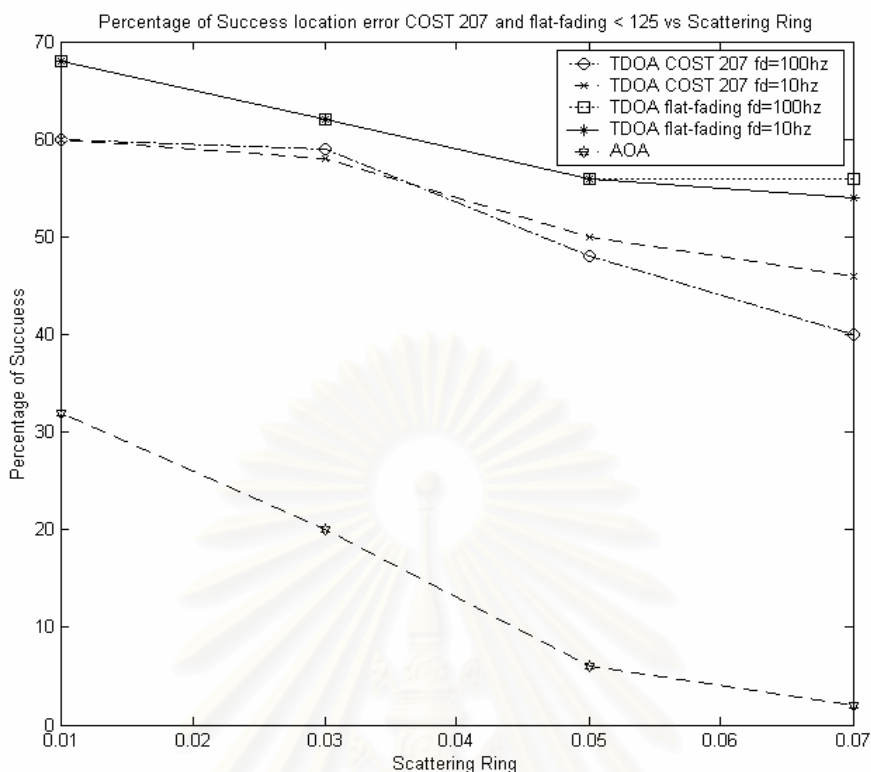
จากรูปที่ 4.1 พบว่าเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่า E_b/N_0 จะทำให้ค่าของ BER ลดลง เนื่องจากคุณภาพของช่องสัญญาณดีขึ้น และเมื่อเพิ่มความเร็วการเคลื่อนที่ MS และคำนวณค่าความถี่ Doppler ตามสมการที่ (2.20) และค่าความถี่ Doppler สูงขึ้นเมื่อความเร็วของ MS เพิ่มขึ้นทำให้ BER สูงขึ้นและเมื่อ BER สูงขึ้นส่งผลต่อประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่ง

4.2 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการคำนวณตำแหน่งสำหรับวิธี AOA และแบบ TDOA สำหรับสภาวะการส่งสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทางแบบ COST 207 และ flat fading พิจารณาตามรูปที่ 4.2

โดยการจำลองได้ทำการกำหนดเงื่อนไขในการจำลองดังนี้

- ตำแหน่งของ BS ที่ 1,2,3 มีค่าเท่ากับ $[0,0]$, $[7550,4330]$, $[0,8660]$ สำหรับขนาดของรัศมีของเซลล์ 5 กิโลเมตร โดยที่ตำแหน่งของ BS จะเปลี่ยนไปตามขนาดของเซลล์ที่กำหนดขึ้น ตามสมการที่ (3.1)-(3.6)
- กำหนดตำแหน่งสุ่มของ ML ตามสมการที่ (3.7)-(3.10)
- กำหนดสภาวะการส่งสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทางแบบ COST 207 และ flat fad ตามตารางที่ 2.3
- ระยะเวลาทดลองทำการทดสอบ 50 ครั้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 แสดงผลลัพธ์การความถูกต้องในการคำนวณตำแหน่งสำหรับวิธี TOA และ AOA สำหรับการส่งสัญญาณสำหรับสภาวะการส่งสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทางสำหรับ COST 207 และ flat fading

จากรูปที่ 4.2 แสดงค่าความถูกต้องในการคำนวณตำแหน่งสำหรับวิธี TOA และ AOA สำหรับสภาวะการส่งสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทางสำหรับ COST 207 และ flat-fading พบว่าเมื่อทำการกำหนดค่าของ Scattering Ring สูงขึ้นซึ่งเป็นการกำหนดสภาวะความรุนแรงของสภาวะการส่งสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทางที่มากยิ่งขึ้น วิธีการคำนวณตำแหน่งแบบ AOA และ TOA จะลดลงเมื่อสภาวะความรุนแรงของสภาวะการส่งสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทางมากยิ่งขึ้น และวิธีการคำนวณตำแหน่งแบบ TOA จะให้ประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่งที่ดีกว่าวิธีการคำนวณแบบ AOA และความเร็วในการเคลื่อนที่ของ MS สำหรับวิธีการคำนวณตำแหน่งมีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากแม้จะเคลื่อนที่เร็วขึ้นค่า BER มีค่าใกล้เคียงกันทำให้ประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธี TOA สำหรับแต่ละความถี่ Doppler ใกล้เคียงกัน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกวิธี TDOA เนื่องจากมีข้อดีเรื่องการลดการสอดคลั่งของสัญญาณนาฬิกา ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญสำหรับวิธีการคำนวณตำแหน่งแบบ TOA เป็นระบบที่ต้องการความสอดคลั่งของสัญญาณนาฬิการะหว่างคู่ของสถานีฐานเท่านั้นซึ่งง่ายต่อการนำไปใช้ และวิธี AOA ซึ่งมีข้อดีเรื่องความต้องการสถานีฐานเพียงสองสถานีฐานเท่านั้นในการหาค่ามุมของสัญญาณระหว่างเครื่องรับและสองสถานีฐาน มาทำการพิจารณาในการพิจารณาประสิทธิภาพของ ML ผ่านสัญญาณการเดินทางสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทางซึ่งเป็นปัญหาที่พบได้ทั่วไปในการส่งสัญญาณจาก MS ไปที่ BS เนื่องจากการหักเหหรือกระทบจากสิ่งปลูกสร้างส่งผลให้เกิดค่า BER ที่สูงขึ้นส่งผลต่อประสิทธิภาพการคำนวณของ ML

อภิปรายผลการวิจัย

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ ML จะทำการเปรียบเทียบสำหรับการส่งผ่านสัญญาณจาก MS ไปที่ BS ผ่านช่องสัญญาณการเดินทางสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทางในแบบ COST 207 และ flat fading และสมภาวะการส่งสัญญาณแบบกระเจิง โดยกำหนดความรุนแรงของปัญหาสมภาวะการเดินทางสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทาง จากกำหนดค่าของ Scattering Ring ที่เพิ่มขึ้นพบว่าเมื่อค่าประสิทธิภาพของ ML สำหรับวิธี AOA และ TDOA มีประสิทธิภาพต่ำลงโดยการคิดจากค่าเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จ และประสิทธิภาพการคำนวณตำแหน่งแบบ TDOA จะให้ประสิทธิภาพดีกว่าวิธี AOA

ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบ ML สำหรับวิธีการคำนวณแบบ AOA และ TDOA สำหรับการส่งผ่านช่องสัญญาณแบบการเดินทางของสัญญาณเดียวกันหลายเส้นทาง แต่ไม่ได้ทำการพิจารณาการส่งสัญญาณผ่านช่องสัญญาณอื่นเช่นปัญหาการบดบังสัญญาณเป็นช่วง ๆ เนื่องจากสิ่งปลูกสร้าง(Shadowing Propagation)

รายการอ้างอิง

- 1 T. S.Rappaport.Wireless Communication Principle and Practice ,
Prentice-Hall , 1999,pp.20-23
- 2 T.S.Rappaport .Position Location Using Wireless Communications on Highway of
The Future.IEEE Communication Magazine 34(Oct 1996):33-41.
- 3 Tero Ojanpera and Ramjee Prasad .Wideband CDMA for Third Generation Mobile
Communication.Artech House Mobile Communication,1998,pp.50
- 4 Jame J.Caffery.Overview of Radiolocation in CDMA Cellular System.IEEE
Communication Magazine 3(Apr 1998):50.
- 5 Y.T.Chan.A Simple and Efficient Estimator for Hyperbolic Locations.IEEE
Transactions on signal processing. 42(Aug 1994):1905.
- 6 Mahamed-Slim Alouini .Global Positioning System An Overview.Tunisian Scientific
Magazine.34(May 1998):75.
- 7 K.J.Krizman, T.E.Biedka and T.S.Rappaport Wireless Positioning
Location:Fundamentals,Implementation Strategies And Source Of Error.Vehicular
Technology Conference.2(May 04-07,1997):1250.
- 8 Jame Caffery and Gordon L.Stuber.Subscriber Location In CDMA Cellular
Networks.IEEE Transaction on Vehicular technology.47(May1998):145.
- 9 Chih-Kang Chen and William A.Gardner.Signal-Selective Time-Difference Of Arrival
Estimation For Passive Location Of Man Made Signal Source In Highly Corruptive
Environment,Part I:Theory and Method.IEEE Transaction On Signal Processing 40(May
1992):1168.
- 10 Chih-Kang Chen and William A.Gardner .Signal-Selective Time-Difference Of Arrival
Estimation For Passive Location Of Man Made Signal Source In Highly Corruptive
Environment,Part II:Algorithms and Performance.IEEE Transaction On Signal Processing
40(May 1992):1185.

- 11 Muhammad Aatique.Evaluate of TDOA techniques for position location in CDMA systems.Master of science in Electrical Engineering,(Virginia Polytechnic Institute and State University),1997.
- 12 Li Cong.Hybrid TDOA/AOA Mobile User Location of Wideband CDMA Cellular Systems.IEEE Transaction on Wireless Communication 1(July 2002):439.
- 13 Erol Hepsaydir.Mobile Positioning in CDMA Cellular Networks.Vehicular Technology Conference 2(Jan 03-06 ,1999):7057
- 14 Jangsub Kim,Woogon Chung.A Spatio-Temporal Channel Model for Position Location Techniques via AOA and TDOA.Vehicular Technology Conference, 1(May 13-15 ,2001):8071.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายแผนภาพการไหลของข้อมูล(Data Dictionary)

คำอธิบาย Data Flow Diagram ของระบบ

Process Description

Process ID:	1
Process Name:	Get user define environment
Process Description:	<p>เพื่อรับการเลือกรูปแบบของจำลองช่องสัญญาณในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ</p> <p>Path Loss Model, Multipath Fading</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Path Loss Model
Input Data Flow:	<p>รูปแบบสภาพแวดล้อม ๆ ได้แก่</p> <p>Path Loss Model, Multipath Fading</p>
Output Data Flow:	<p>รูปแบบสภาพแวดล้อม ๆ ได้แก่</p> <p>Path Loss Model, Multipath Fading</p>

Process ID:	2
Process Name:	Define co-ordination for mobile location
	<p>เพื่อเป็นการกำหนดตำแหน่งของ Base Station ในการจำลอง โดยจะทำการจำลองจำนวน 6 Base station โดยมีการกำหนดให้รูปแบบของ Base Station เป็นแบบ 6 เหลี่ยมด้านเท่า และมีสูตรการคำนวณตำแหน่งดังนี้</p> <p>ตำแหน่งของ Base Station ตำแหน่งแรก</p> $= [0,0]$ <p>ตำแหน่งของ Base Station ตำแหน่งที่สอง</p> $= [2R \cos(\pi/6) \sin(\pi/3), 2R \cos(\pi/6) \cos(\pi/3)]$ <p>ตำแหน่งของ Base Station ตำแหน่งที่ 3</p> $= [0, 2R \sin(\pi/3)]$ <p>ตำแหน่งของ Base Station ตำแหน่งที่ 4</p> $= [-2R \cos(\pi/6) \sin(\pi/3), 2R \cos(\pi/6) \cos(\pi/3)]$ <p>ตำแหน่งของ Base Station ตำแหน่งที่ 5</p> $= [2R \cos(\pi/6) \sin(\pi/3), -2R \cos(\pi/6) \cos(\pi/3)]$ <p>ตำแหน่งของ Base Station ตำแหน่งที่ 6</p>

	$= [-2R \cos(\pi/6) \sin(\pi/3), -2R \cos(\pi/6) \cos(\pi/3)]$ <p>เมื่อ R เป็นรัศมีของ Base Station มีหน่วยเป็นเมตร สำหรับ Micro Cellular ใช้ R=1000 เมตร Macro Cellular ใช้ R=5000 เมตร</p>
Input Data Flow:	ขนาดของ Base Station มีหน่วยเป็นเมตร
Output Data Flow:	ตำแหน่งของ Base Station จำนวน 6 Base Station ตามสูตรการคำนวณ

Process ID:	3
Process Name:	Random Mobile Location
Process Description:	<p>เพื่อกำหนดตำแหน่งของ Mobile Station (MS) เพื่อใช้ในการอ้างอิงความถูกต้องในการคำนวณโดยใช้สูตรการคำนวณดังนี้</p> <p>ตำแหน่งอ้างอิงของ MS เมื่อตามแนวแกน $x = R/2(1 - \sqrt{U})$</p> <p>ตำแหน่งอ้างอิงของ MS เมื่อตามแนวแกน $y = \sqrt{3}(x + V)$</p> <p>เมื่อ U เป็น จำนวนสุ่มโดยมีค่าอยู่ระหว่าง $0 < U < 1$</p> <p>และ V เป็น จำนวนสุ่มโดยมีค่าอยู่ระหว่าง $0 < V < \sqrt{3}(R/2 - x)$</p> <p>และ R เป็น รัศมีของ Cell ที่ต้องการสุ่มตำแหน่ง</p>
Input Data Flow:	รัศมีของ Cell Site มีหน่วยเป็นเมตร
Output Data Flow:	ตำแหน่งสุ่มของ MS ในบริเวณที่ต้องการ

Process ID:	4
Process Name:	Range Calculation Between MS and BS
Process Description:	<p>เพื่อกำหนดระยะห่างระหว่าง MS และ BS ที่ต้องการ โดยหลักการคำนวณหาระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด ดังนี้</p> $M_i = \sqrt{(x - X_i)^2 + (y - Y_i)^2}$
Input Data Flow:	ตำแหน่งของ MS และ BS
Output Data Flow:	ระยะห่างระหว่าง MS และ BS มีหน่วยเป็นเมตร

Process ID:	5
Process Name:	Path Loss Calculation
Process Description:	เพื่อทำการคำนวณหาค่า Path Loss โดยใช้หลักการของ Log Distanance Path Loss Model
Input Data Flow:	1.Path Loss Parameter: ได้แก่ ลักษณะของสิ่งแวดล้อมที่ต้องในการคำนวณเช่น สภาพแวดล้อมในเมือง ความหนาแน่นของชุมชน ความถี่คลื่นพาห์ (Carrier Frequency) เป็นต้น 2.Range MS and BS: ได้แก่ระยะห่างระหว่าง BS และ MS มีหน่วยเป็น เมตร
Output Data Flow:	ค่าการลดลงของกำลังตามระยะทาง(Path Loss) มีหน่วยเป็น dB

Process ID:	6
Process Name:	SNR Calculation
Process Description:	เพื่อในการคำนวณหาอัตราส่วนของกำลังของสัญญาณที่ได้รับกับกำลังของสัญญาณรบกวน Signal to Noise (S/N) หรือ (Es/No)
Input Data Flow:	กำลังส่งของสัญญาณที่รับได้ที่ BS ของ MS และกำลังของสัญญาณรบกวน
Output Data Flow:	ค่าของ Signal to Noise (S/N) หรือ (Es/No)

Process ID:	7
Process Name:	Shadowing Calculation
Process Description:	เพื่อใช้ในการจำลองการเกิด Shadow เพื่อคำนวณหา Excess Path Delay และการลดลงกำลังของกำลังของสัญญาณเนื่องจากการบดบังสัญญาณ
Input Data Flow:	<ul style="list-style-type: none"> ● ระยะห่างระหว่าง BS และ MS ● ความสูงของสิ่งกีดขวาง
Output Data Flow:	<ul style="list-style-type: none"> ● Excess Path Delay(s) ● การลดลงกำลังของกำลังของสัญญาณเนื่องจากการบดบังสัญญาณ

Process ID:	8
Process Name:	Signal Transmission Simulation Model
Process Description:	เพื่อใช้ในการจำลองการส่งสัญญาณระหว่าง MS และ BS โดยช่องสัญญาณ AWGN และช่องสัญญาณ Multi path ในระบบ CDMA
Input Data Flow:	SNR
Output Data Flow:	กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการคำนวณหาตำแหน่ง MS ในระบบ CDMA

Process ID:	8.1
Process Name:	Signal Sample Generator
Process Description:	เพื่อใช้ในการจำลองการส่งสัญญาณ Reverse Link ระหว่าง BS และ MS ในระบบ CDMA โดยหลักการการทำ Spreading Signal ด้วย PN code จำนวน 128 บิต ต่อข้อมูล 1 บิต โดยแทนการสร้างสัญญาณ 0 หรือ 1 ด้วย Bernoulli Random Binary Generator block ในการสร้างสัญญาณดังกล่าว พิจารณาจากภาคผนวก ข. ใน Parameter ของ Bernoulli Random Binary Generator Block
Input Data Flow:	Sampling signal Configuration ได้แก่ อัตราการสุ่มตัวอย่างสัญญาณ ตัวเลขสุ่มเริ่มต้น (Initial Seed) ความน่าจะเป็นในการเกิดสัญญาณ 0 หรือ 1
Output Data Flow:	สัญญาณจาก BS ที่ส่งไปที่ MS หลังจากการทำ Spreading Signal

Process ID:	8.2
Process Name:	Modulation Signal Generator
Process Description:	เพื่อให้ในการ Modulation สัญญาณหลังจากการทำ Spread Signal โดยใช้วิธี Binary Phase Shift Keying (BPSK) เป็นการส่งสัญญาณ Digital ในช่องสัญญาณ Radio Link Channel โดยจะทำการแทนค่าสัญญาณ 0 หรือ 1 ด้วย การเปลี่ยนแปลง Phase ของคลื่นพาห์ พิจารณารายละเอียดของ Binary Phase Shift Keying (BPSK) พิจารณาจากภาคผนวก ข.
Input Data Flow:	1.สัญญาณที่ต้องการส่งหลังจากการทำ Spreading Signal 2.รายละเอียดการ Modulate Signal แบบ BPSK เช่น Phase Offset เป็นต้น
Output Data Flow:	สัญญาณหลังจากการทำ Modulation แบบ BPSK

Process ID:	8.4
Process Name:	AWGN channel generator
Process Description:	เพื่อสร้างสัญญาณรบกวนแบบ AWGN ของช่องสัญญาณ พิจารณารายละเอียดของ AWGN จากภาคผนวก ข.
Input Data Flow:	สัญญาณ Summation ที่ผ่านช่องสัญญาณ Multi path และ AWGN Channel Configuration เพื่อกำหนดคุณภาพของช่องสัญญาณเช่นค่า S/N เป็นต้น
Output Data Flow:	สัญญาณ Summation ที่ผ่านช่องสัญญาณ AWGN

Process ID:	8.5
Process Name:	Demodulation Signal Generator
Process Description:	เพื่อให้ในการ Demodulation ของสัญญาณที่ได้จากการ Modulation แบบ BPSK พิจารณารายละเอียดของ Binary Phase Shift Keying (BPSK) Demodulation พิจารณาจากภาคผนวก ค.
Input Data Flow:	สัญญาณที่ผ่านช่องสัญญาณ Multi path และ AWGN
Output Data Flow:	สัญญาณข้อมูลที่ผ่านการทำ Demodulation

Process ID:	8.6
Process Name:	Time Difference Of Arrival(TDOA) Calculation
Process Description:	เพื่อทำการคำนวณหาค่าของ TDOA ระหว่าง Base Station ด้วยวิธี Generalized Cross Correlation(GCC) method รายละเอียดการคำนวณ
Input Data Flow:	สัญญาณที่รับได้ที่ Base Station
Output Data Flow:	ค่า TDOA ระหว่าง Base Station

Process ID:	8.7
Process Name:	Calculate MS Location by Chan's method calculation
Process Description:	คำนวณหาตำแหน่งของ MS โดยใช้หลักการของ Chan's Method
Input Data Flow:	ค่าของ TDOA ระหว่าง 2 Base Station จำนวน 2 และตำแหน่งของ Base Station 3 ตำแหน่ง
Output Data Flow:	ตำแหน่งของ MS

Process ID:	8.8
Process Name:	Graph Accuracy Generator
Process Description:	เพื่อทำการสร้างกราฟเปรียบเทียบความถูกต้องของการคำนวณตำแหน่งของ MS ในสภาพแวดล้อมแบบต่าง ๆ
Input Data Flow:	ผลการคำนวณตำแหน่ง MS และ ตำแหน่งจริงของ MS
Output Data Flow:	กราฟเปรียบเทียบการคำนวณตำแหน่ง

Process ID:	8.9
Process Name:	Define Scattering Propagation
Process Description:	เพื่อทำการกำหนดสภาวะการส่งสัญญาณแบบกระจาย(Scattering Propagation) เช่น รัศมีของ Scattering Ring
Input Data Flow:	-
Output Data Flow:	ข้อมูลสำหรับ Scattering Propagation

Process ID:	8.10
Process Name:	Calculate Ms by Linear Equation(AOA)
Process Description:	เพื่อทำการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธี AOA โดยใช้วิธีการแก้สมการเชิงเส้น
Input Data Flow:	ข้อมูลเพื่อการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธี AOA
Output Data Flow:	ตำแหน่งของเครื่องรับที่คำนวณด้วยวิธี AOA

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



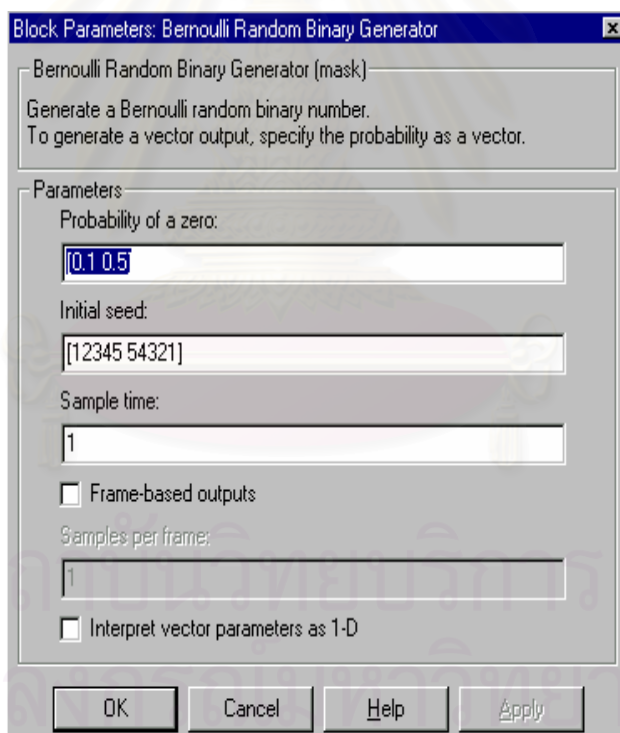
ภาคผนวก ข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายองค์ประกอบการทำงานของ MathLab Simulink Program

เนื่องจาก Model ที่พิจารณาผลกระทบต่อการคำนวณตำแหน่งตามเงื่อนไขที่ต้องการทราบเช่น Multi-path Fading ,Scattering Propagation Model มี Component ที่ใช้ในการจำลองใกล้เคียงเพื่อส่งสัญญาณจาก MS ไปที่ BS ประกอบด้วยส่วนประกอบเพื่อใช้ในการจำลองดังนี้

1. Bernoulli Random Binary Generator เป็น Component ในการสร้างการจำลองสัญญาณที่ส่งจาก BS ไปที่ MS เป็นสัญญาณสุ่มเพื่อให้ได้สัญญาณที่ทำการ Spreading แล้วด้วยอัตรา 128 บิตต่อบิตของข้อมูลโดยสัญญาณที่ได้มีค่าเป็น Binary (0,1) และมีการกระจายตัวแบบ Bernoulli Distribution โดยสามารถกำหนดค่าน่าจะเป็น(p) ว่าโอกาสที่จะให้เกิดค่า 0 หรือ 1 พิจารณารูปแสดงค่า Parameter ในการกำหนดคุณสมบัติของ Component นี้



รูปที่ ๑.1 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ Bernoulli Random Binary Generator

เราสามารถกำหนดคุณสมบัติของ Component ที่สำคัญดังนี้

Probability of a zero:เป็นการกำหนดความน่าจะเป็นในสร้างค่า 0 เช่นกำหนดให้มีค่า 0.2 แสดงค่าโอกาสที่จะเกิดค่า 0 มีค่า 0.2 และค่า เป็น 1 เท่ากับ $1.0-0.2 = 0.8$ โดยการจำลองเราสามารถเป็นค่าใดก็ได้เนื่องจากการจำลองไม่สนใจในเรื่องข้อมูลที่ทำกรส่ง

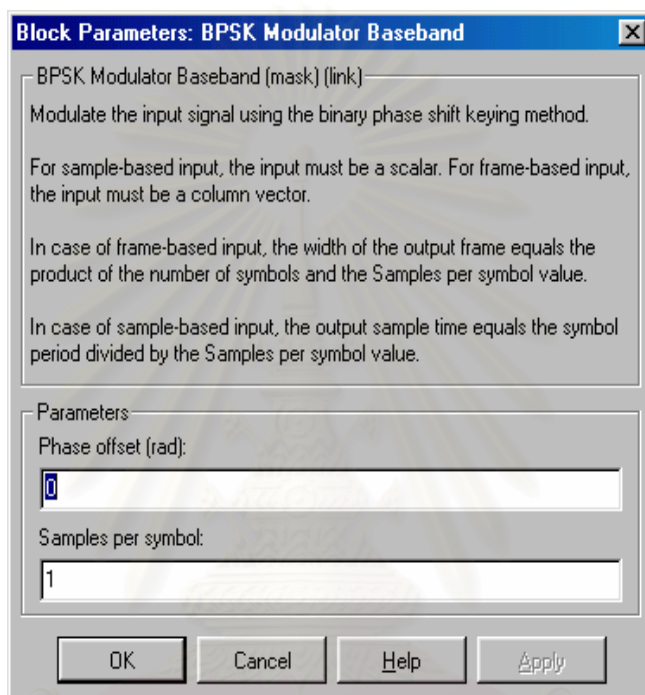
Initial seed:เป็นค่าเริ่มต้นสำหรับตัวแปรสุ่ม

Sample time :คาบเวลา(Period) สำหรับการ Sampling เช่นกำหนดให้เท่ากับ 1/1200 หมายถึงมีคาบเวลาต่อการ Sampling 1/1200 วินาที/ครั้ง หรือความถี่เท่ากับ 1200 ครั้ง/วินาที ดังนั้นถ้าเราต้องการให้เกิดการสร้าง Pluse จำนวน 128 สัญญาณต่อวินาทีให้ทำการกำหนดค่านี้เป็น 1/128 เช่นถ้าต้องการ Spread ข้อมูลจำนวน 1 บิตด้วย PN Code จำนวน 128 บิตจะทำการกำหนดค่า Parameter ในการทำการจำลอง Stop time:1



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.BPSK Modulator Baseband เป็น Component ในการ Modulate สัญญาณโดยวิธี Binary Phase Shift Keying โดยมีหลักคือจะทำการแทนค่า 0 หรือ 1 ด้วย ค่า $-e^{jt}$ และ e^{jt} ตามลำดับ เพื่อให้เฟสของสัญญาณต่างกัน 90 องศาเพื่อแทนข้อมูลไบนารีจำนวน 1 บิต เมื่อ t คือ Phase Offset พิจารณารูปแสดงคุณสมบัติหลักของ Component นี้



รูปที่ ข.2 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ BPSK Modulator Baseband

ค่า Parameter ประกอบด้วย

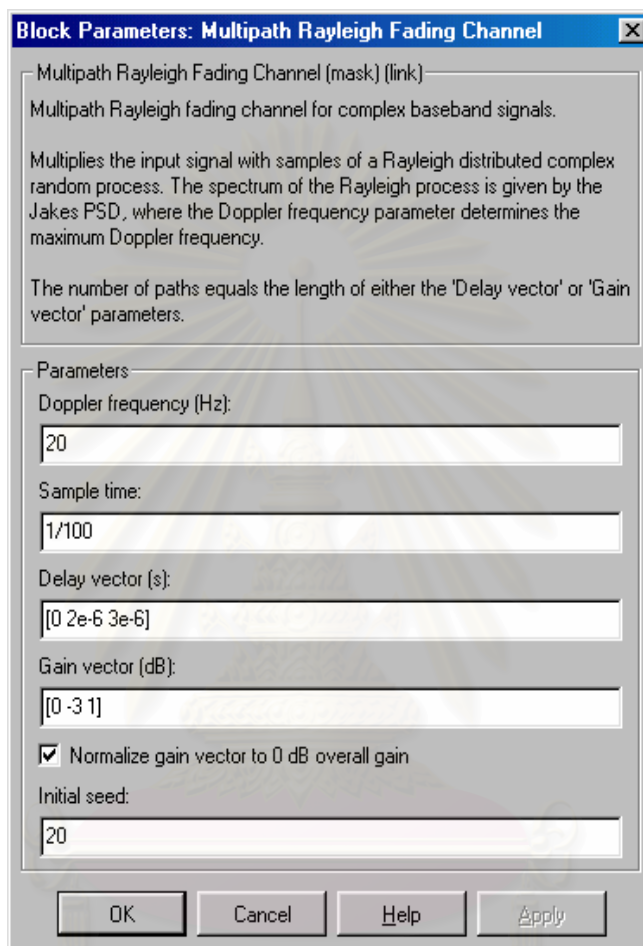
Phase offset(rad):เป็นค่า The phase offset

Sample per symbol: เป็นการกำหนดอัตราการทำการ Modulate สัญญาณโดยกำหนดให้สัญญาณที่ขาออกหลังจากการทำการ Modulate เป็น

$$=(\text{Symbol period})/(\text{Samples per symbol})$$

เช่นถ้ากำหนดให้มีค่าเป็น 1 แสดงว่าอัตราการ Modulate เท่ากับสัญญาณขาเข้าเช่นเรากำหนดให้ Simple period ใน Bernoulli Random Binary Generator เป็น 1/1200 ดังนั้นสัญญาณขาออกมีอัตราเป็น 1200 เช่นกัน

3. Multi path Rayleigh Fading เป็นการกำหนดสภาวะการเกิดปรากฏการณ์ Multi Path Fading โดยมีการกระจายตัวแบบ Rayleigh Distribution จากแสดงการกำหนด Parameter สำหรับ Component นี้ได้แก่



รูปที่ ข.3 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ Multi Path Rayleigh Fading Channel

ค่า Parameter ที่สำคัญได้แก่

Doppler frequency (Hz): ค่าของ Maximum Doppler Shift มีหน่วยเป็น Hz.

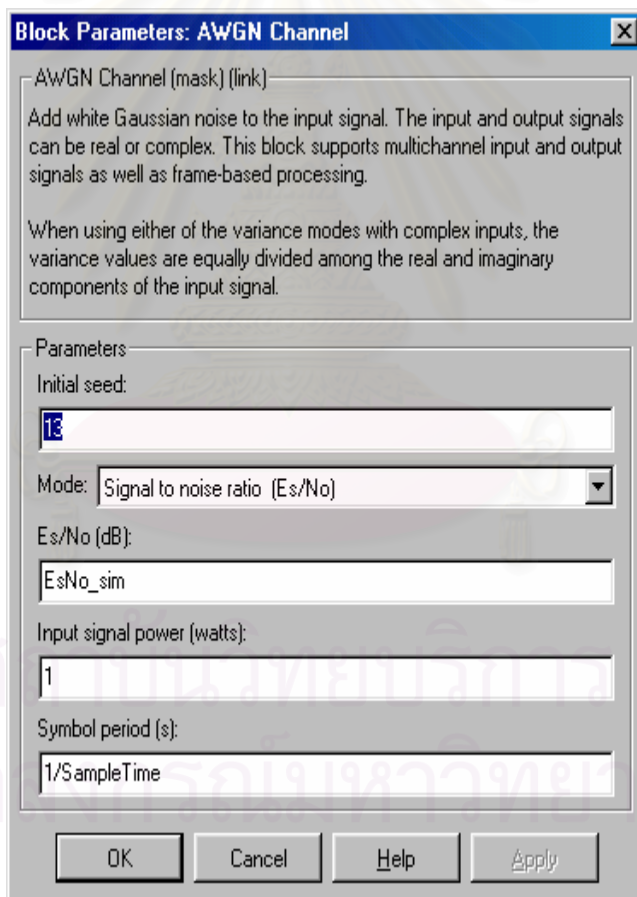
Sample time:เป็นการกำหนดค่าของคาบเวลาของสัญญาณขาเข้าเช่นกำหนดให้สัญญาณขาเข้ามีค่าเป็น 1/1200 ต้องกำหนดให้ค่านี้มีค่าเป็น 1/1200 เพื่อให้ Sample period ที่ตรงกัน

Delay vector (s):เป็นการกำหนดค่า Propagation delay ของแต่ละเส้นทางโดยขนาดของคอลัมน์เป็นการกำหนดจำนวนเส้นทาง เช่น [0 2e-6] หมายถึงการเป็นการกำหนดเส้นทางจำนวน 2 เส้นทางและแต่ละเส้นทางกำหนดให้มีความ Delay เป็น 0 และ $2\mu\text{s}$ ตามลำดับ

Gain vector (dB):เป็นการกำหนดค่าอัตราขยายของแต่ละเส้นทางโดยขนาดของคอลัมน์เป็นการกำหนดจำนวนเส้นทางเช่นกัน เช่น [0 -3] โดยเส้นทางแรกมีค่า อัตราขยายเป็น 0 และเส้นทางที่ 2 มีค่าเป็น -3 dB

Initial seed:เป็นการกำหนดค่าตัวเลขสุ่มเริ่มต้น

4.AWGN Add White Guassian Noise เป็นการกำหนดคุณภาพของช่องสัญญาณรบกวนโดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ ข.4 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ AWGN Channel

โดยค่า Parameter ที่กำหนดให้เป็น

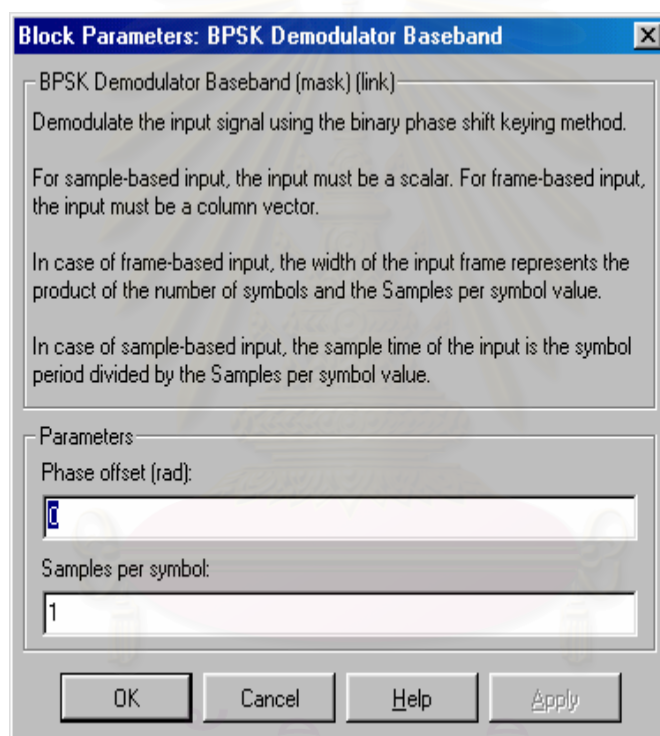
Initial seed:เป็นการกำหนดค่าตัวเลขสุ่มเบื้องต้น

Es/No (dB):เป็นการกำหนดอัตราส่วนของกำลังของสัญญาณ(Signal Power Spectral Density) และ กำลังของสัญญาณรบกวน(Noise Power Spectral Density) มีหน่วยเป็น dB

Input signal power (watts):กำลังของสัญญาณขาเข้ามีหน่วยเป็นวัตต์

Symbol period (s):เป็นคาบเวลาของสัญญาณขาเข้าโดยต้องกำหนดให้ตรงกับ Sample Period ของสัญญาณขาเข้าเช่น 1/1200 ค่านี้ต้องกำหนดเป็น 1/1200 วินาที

5.BPSK Demodulator Base band เป็นการกำหนดการ Demodulation สัญญาณเพื่อนำค่าสัญญาณข้อมูลกลับคืนมาหลังจากการ Modulate โดยจะทำการ Mapping ค่า $e(-j\theta)$ และ $e(j\theta)$ กับค่า 0 และ 1 ตามลำดับ ใ้คู่กับการ Modulate แบบ BPSK โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ ๑.5 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ BPSK Demodulator Baseband ค่า Parameter ที่สำคัญได้แก่

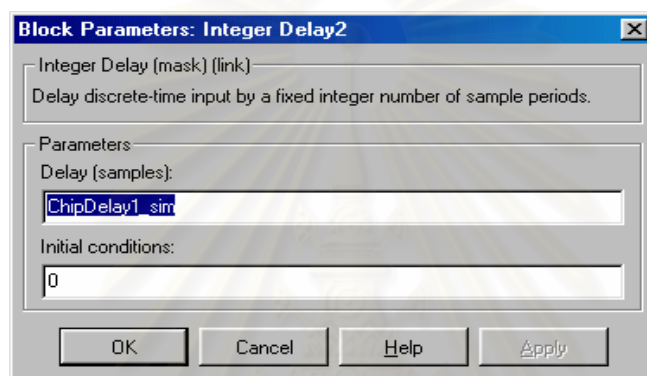
Phase offset (rad):The phase offset

Sample per symbol: เป็นการกำหนดอัตราการทำการ Demodulate สัญญาณโดยกำหนดให้สัญญาณที่ขาออกหลังจากการทำการ Modulate เป็น

$$=(\text{Symbol period})/(\text{Samples per symbol})$$

เช่นถ้ากำหนดให้มีค่าเป็น 1 แสดงว่าอัตราการ Modulate เท่ากับสัญญาณขาเข้าเช่นเรากำหนดให้ Simple period ใน Bernoulli Random Binary Generator เป็น 1/1200 ดังนั้นสัญญาณขาออกมีอัตราเป็น 1200 เช่นกัน

6. Integer Delay เป็นการกำหนดค่า Delay Sample สำหรับการจำลองที่ต้องอาศัยการ Delay Time เนื่องจากการจำลอง MS ทำการติดต่อ BS ทั้ง 3 ในเวลาที่ไม่ว่ากันจะทำการกำหนดค่า Delay Time



รูปที่ ข.6 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ Integer Delay

ค่าเงื่อนไขที่สำคัญได้แก่

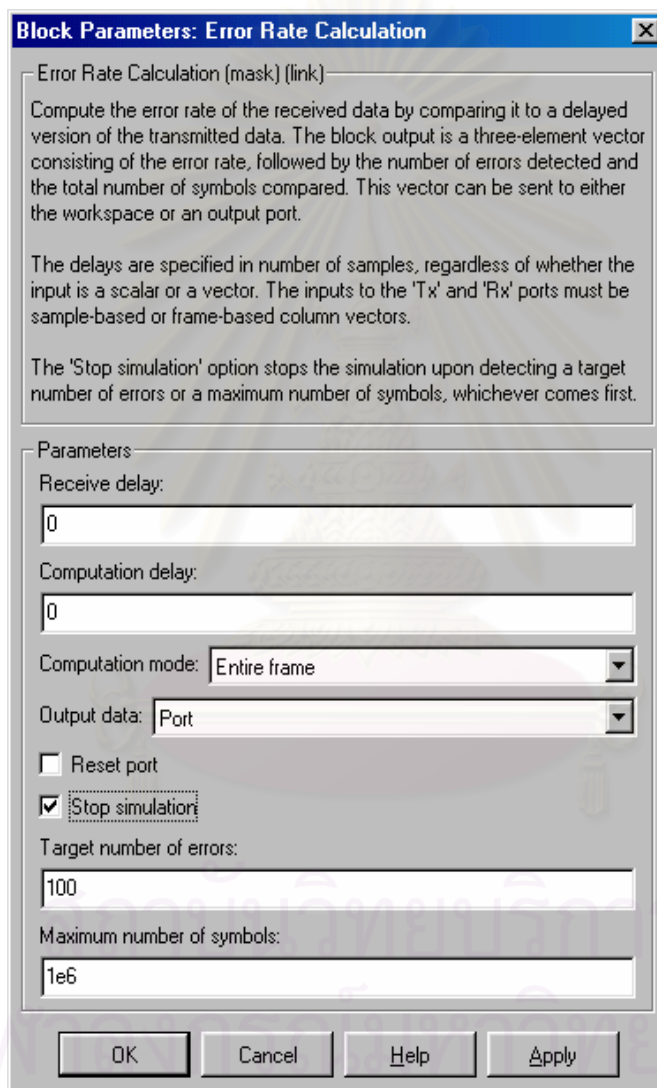
Delay(Sample) : เป็นค่าจำนวน Sample ที่ต้องการทำการ Delay เราจะทำการแปลงค่าจาก

Delay Time เป็น Delay(Sample) = Delay Time/Chip Period

โดยกำหนดให้ Chip Period คืออัตราการสร้าง Chip สำหรับ PN-Code ประมาณ 813.3 ns

Initial Condition : เงื่อนไขเริ่มต้น

7. Error Rate Calculation เป็นการแสดงค่าการคำนวณที่ผิดพลาดเช่นการตรวจจับค่าการส่งข้อมูลผิดพลาดโดยทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ส่งและที่ได้รับเป็นต้น



รูปที่ ข.7 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ Error Rate Calculation ค่าเงื่อนไขที่สำคัญได้แก่

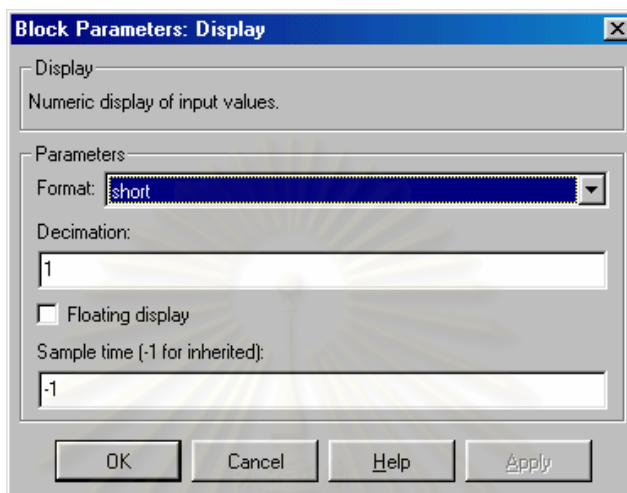
Output: Port เป็นการกำหนดให้มีการอ่านค่าจากพอร์ทเช่น Tx สำหรับสัญญาณจากพอร์ทด้านส่ง และ Rx สำหรับสัญญาณจากพอร์ทด้านรับ

Stop time: เงื่อนไขการกำหนดเวลาหยุดการจำลองได้แก่

Target Number of Error : จำนวน Error การคำนวณ

Maximum Number Of Symbol:จำนวน Receive Symbol ที่คำนวณได้สูงสุด

8. แสดงการผลคำนวณที่ผิดพลาด Display

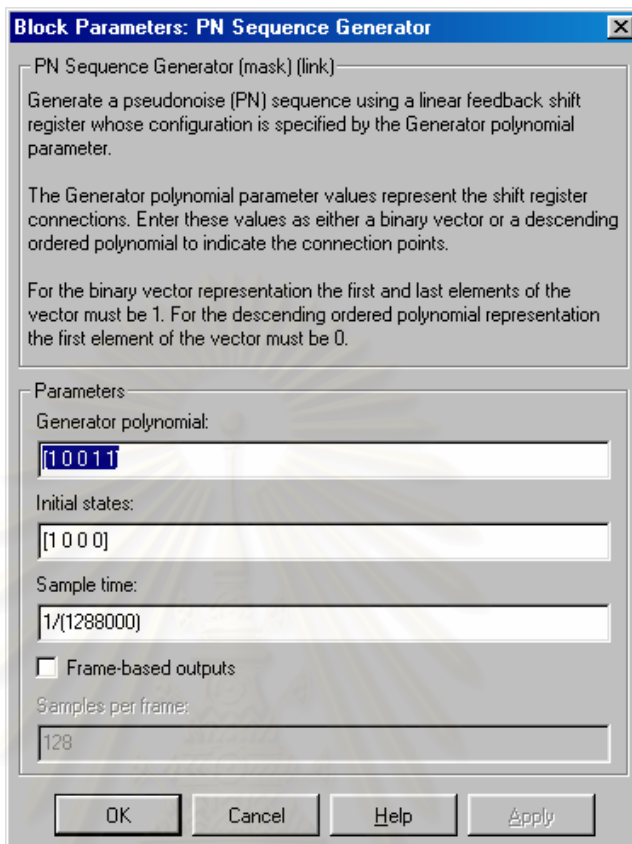


รูปที่ ข.8 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ Display
รายละเอียดเงื่อนไขที่สำคัญ

Format :เป็นการกำหนดรายละเอียดทศนิยมการแสดงผลเช่น Short Long

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9. PN Sequence Generator



รูปที่ ๙.9 แสดงรายละเอียด PN Sequence Generator

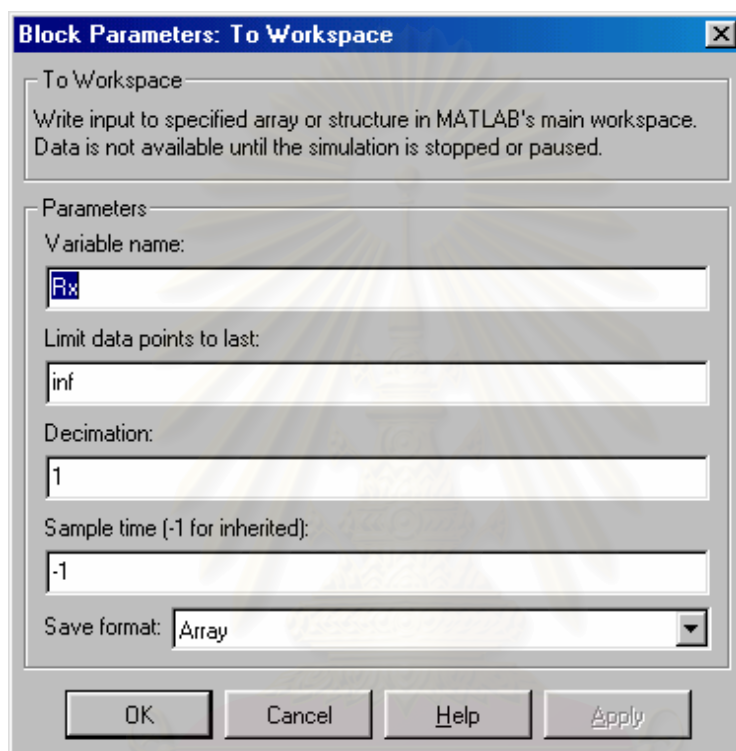
ค่าเงื่อนไขที่สำคัญได้แก่

Generator Polynomial: เป็นค่า Polynomial ที่กำหนดคุณลักษณะของชุดซีพรีจิสเตอร์สำหรับสร้างชุดสัญญาณ PN-Code

Initial States: ค่าเริ่มต้นสำหรับชุดรีจิสเตอร์สำหรับสร้างชุดสัญญาณ PN-Code

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10. แสดงการ Save to Work Space เนื่องจากการเขียน M-file มีส่วนในการติดต่อกับ Simulink Program ผ่านทางการเรียกตัวแปรของ Simulink



รูปที่ ข.10 แสดงการกำหนดพารามิเตอร์สำหรับ Save To Work Space

เงื่อนไขที่สำคัญ

Variable Name: ตัวแปรที่ต้องการส่งออกจาก Simulink Program

Save Format: เป็นการกำหนดรูปแบบการส่งออกเช่น Array เป็นการกำหนดเป็น Array

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ภาณุวัฒน์ ร่วมรักษ์ สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จาก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อ พ.ศ. 2539 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตรคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ ที่จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ในปี การศึกษา 2542



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย