

ขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้พีซีลोजิก

นาย บงการ ทอมนาน



สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

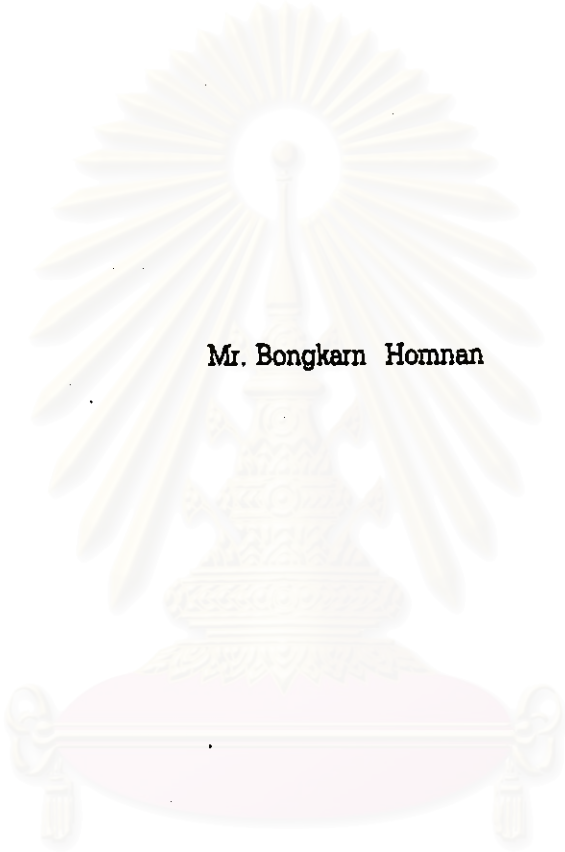
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-973-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**A HANDOVER DECISION PROCEDURE FOR MOBILE TELEPHONE SYSTEMS USING  
FUZZY LOGIC**



**Mr. Bongkarn Homnan**

**สถาบันวิทยบริการ**

**จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering**

**Department of Electrical Engineering**

**Graduate School**

**Academic Year 1997**

**ISBN 974-637-973-9**

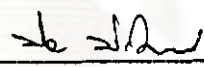
หัวข้อวิทยานิพนธ์ ขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยใช้พีซีลอจิก  
โดย นายบงการ หอมนาน  
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า  
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วาหิต เบนญพลกุล


---


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ  
ศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

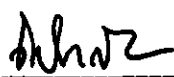
  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
( ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์ )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
ประธานกรรมการ  
( ศาสตราจารย์ ดร. ประสิทธิ์ ประพัฒน์มงคล )

  
อาจารย์ที่ปรึกษา  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วาหิต เบนญพลกุล )

  
กรรมการ  
( รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย จิตะพันธ์กุล )

  
กรรมการ  
( นายเกรียงศักดิ์ วาณิชยน์ )


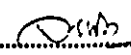
พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

บงการ หอมานาน : ขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยใช้ฟัซซีลอจิก ( A HANDOVER DECISION PROCEDURE FOR MOBILE TELEPHONE SYSTEMS USING FUZZY LOGIC ) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. วาทีต บุญจพลกุล, 101 หน้า.  
ISBN 974-637-973-9.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเสนอขั้นตอนในการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์อย่างมีประสิทธิภาพบนพื้นฐานหลักการฟัซซีลอจิก เพื่อลดจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ที่ไม่จำเป็น ( สถานการณ์จริงยังไม่ควรแฮนด์โอเวอร์แต่ระบบตัดสินใจให้แฮนด์โอเวอร์ ) ให้น้อยลง แต่ยังคงรักษาจำนวน lost calls ( สถานการณ์จริงควรจะแฮนด์โอเวอร์แล้ว แต่ระบบยังไม่ตัดสินใจให้แฮนด์โอเวอร์จนระดับความแรงของสัญญาณที่รับได้ต่ำกว่าค่าเทรชโฮลด์ที่สามารถทนทานได้ ) ที่เหมาะสม วิธีการที่เสนอจะนำไปเปรียบเทียบกับวิธีการที่มีการใช้งานจริงในปัจจุบัน ( Conventional Algorithm ) และวิธีทางสถิติบนพื้นฐานหลักการของ Bayes โดยเปลี่ยนแปลงเพียงซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานที่ตัวควบคุมสถานีฐาน ( BSC ) แต่ยังคงสามารถใช้ทรัพยากรฮาร์ดแวร์ของระบบที่มีอยู่เดิม จึงนำมาใช้ให้กับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ได้มีการลงทุนติดตั้งไปแล้วได้ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้แบบจำลองที่อ้างอิงกับระบบจีเอสเอ็ม ผลที่ได้จากวิธีที่เสนอแสดงให้เห็นว่าสามารถลดจำนวนแฮนด์โอเวอร์ได้โดยมีจำนวน lost calls ที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับวิธีการที่มีการใช้งานจริงในปัจจุบันและวิธีทางสถิติบนพื้นฐานหลักการของ Bayes

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ..... วิศวกรรมไฟฟ้า .....  
สาขาวิชา ..... วิศวกรรมไฟฟ้า .....  
ปีการศึกษา ..... 2540 .....

ลายมือชื่อนิติกร .....  .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ..... - .....

# # 3970867021 : MAJOR

ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD:

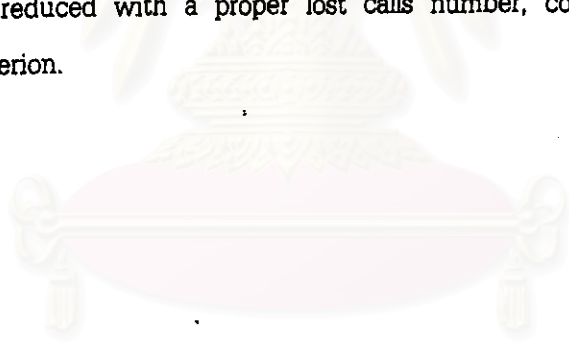
HANDOVER DECISION / FUZZY LOGIC

BONGKARN HOMNAN : A HANDOVER DECISION PROCEDURE FOR MOBILE TELEPHONE

SYSTEMS USING FUZZY LOGIC. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. DR. WATTI BENJAPOLAKUL.

101 pp. ISBN 974-637-973-9

This thesis proposes an efficient handover decision procedure based on fuzzy logic principle in order to decrease unnecessary handover ( the system should not handover in real situation but decides to handover ) but still properly keep an appropriate number of lost calls ( the system should handover in real situation but still not decide to handover until the received signal strength is lower than a threshold value that can continue the call ). The proposed method was compared with conventional algorithm and a statistical method based on the Bayes criterion by only changing software used for control at Base Station Controller ( BSC ), thus this method can utilize the same hardware of mobile telephone systems that have been already installed. In this thesis, the system model is based on GSM system. The result shows that by using the proposed method, handover number was reduced with a proper lost calls number, compared to the conventional algorithm and Bayes criterion.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า

ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา..... 2540

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



### กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วาทีต เบนจพกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยมาด้วยดี ตลอด ขอขอบคุณคุณสมบัติ พิเชิตมารกุล คุณณัฐนันท์ จันทสุนทร คุณเลิศชัย กตทรัพย์ ตลอดจนน้องๆ ห้องควบคุมระบบ GSM ของบริษัท AIS ที่เอื้อเพื่อข้อมูลทำการทดสอบ คุณเมตตา ดินแดน ที่เอื้อเพื่อความสะดวกในการติดต่อขอข้อมูล สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ( สวทช. ) ที่สนับสนุนทุนสำหรับวิจัย ( Telecom Consortium ) คุณฤทธิ์วิรุ จันทรวงศ์ และ คุณกิตติศักดิ์ ล้าดี สำหรับการแก้ปัญหา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งได้ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย จนสำเร็จการศึกษา

นายเมฆกา ทอมนาน

สถาบันวิทยาลัยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ณ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ GSM.....	4
2.1 กล่าวนำ.....	4
2.2 โครงสร้างของระบบ GSM.....	4
2.3 แบบจำลองระบบสัญญาณ ( Signalling Systems ) ของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM.....	9
2.4 การรับส่งข้อมูล.....	11
2.5 ช่องสัญญาณในระบบ GSM และแบบวิธี ( mode ) ของช่องสัญญาณ.....	11
2.6 การเข้าถึงแบบหลายทาง.....	14
2.7 การจัดการด้าน Radio.....	14
2.8 การจัดการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่.....	16
2.9 การจัดการเกี่ยวกับการสื่อสาร.....	16
การควบคุมการเรียก.....	17
แฮนด์โอเวอร์.....	18
การจัดการบริการเสริม.....	18



## สารบัญ ( ต่อ )

บทที่	หน้า
	การบริการส่งหรือฝากข้อมูล.....18
2.10	การจัดการโครงข่าย.....19
3	หลักการพื้นฐานฟัซซีลอจิก.....20
3.1	กล่าวนำ.....20
3.2	ทฤษฎีฟัซซีเซต.....20
3.3	ฟัซซีลอจิก.....23
3.4	กฎ Fuzzy Inference.....24
3.5	พื้นฐานความรู้ของฟัซซี.....25
3.6	เหตุผลทางฟัซซี.....25
3.7	โครงสร้างพื้นฐานของการควบคุมระบบโดยใช้ฟัซซี.....29
4	แนวคิด ผลงานที่ผ่านมากและขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์โดยใช้ฟัซซีลอจิก.....35
4.1	ขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์โดยใช้ค่าเทรซโบลด์ของ ระดับความแรงสัญญาณ.....35
4.2	ขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์โดยวิธีทางสถิติบนพื้นฐาน หลักการของ Bayes และผลงานที่ผ่านมาก.....36
4.3	ผลงานที่ผ่านมากของการนำฟัซซีลอจิกไปใช้ในการแฮนด์โอเวอร์และ ขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์โดยใช้ฟัซซีลอจิก.....41
5	แบบจำลองและวิธีการจำลอง.....46
5.1	วิธีจำลองแบบ.....46
5.2	การนำเสนอผลการจำลองแบบ.....48
5.3	ข้อกำหนดของแบบจำลอง.....49
5.4	แบบจำลองการ Update Location.....50
5.5	แบบจำลองการส่งข้อมูลจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านสถานีฐานไปยัง BSC.....50
5.6	แบบจำลองการแฮนด์โอเวอร์ใช้อัลกอริทึมแบบ Conventional.....51
5.7	แบบจำลองการแฮนด์โอเวอร์ใช้หลักการของ Bayes.....52
5.8	แบบจำลองการแฮนด์โอเวอร์ใช้ฟัซซีลอจิก.....53
5.9	การทดสอบความถูกต้องของการจำลองแบบแต่ละวิธี.....59



## สารบัญ ( ต่อ )

บทที่	หน้า
5.10 การทดสอบเพื่อหาเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์.....	60
6 ผลการจำลองแบบ.....	61
6.1 ข้อตกลง.....	61
6.2 ผลการจำลองแบบจำนวนแฮนด์โอเวอร์และ Lost calls.....	62
6.3 อัตราส่วนเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์.....	85
7 สรุปผลการจำลองแบบ.....	86
7.1 สรุปผลการจำลองแบบ.....	86
รายการอ้างอิง.....	88
ภาคผนวก.....	90
ประวัติผู้วิจัย.....	101

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 5.1 Fuzzy Inference กรณีต่างๆ ที่ใช้ในขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์ โดยใช้ฟัซซีลอจิก.....	55
ตารางที่ 6.1 เปรียบเทียบจำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, D_bs = R, v = 0.7 m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	63
ตารางที่ 6.2 เปรียบเทียบจำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, D_bs = 1.25R, v = 0.7 m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	64
ตารางที่ 6.3 เปรียบเทียบจำนวน lost calls เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, D_bs = 1.25R, v = 0.7 m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	65
ตารางที่ 6.4 เปรียบเทียบจำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, D_bs = 1.5R, v = 0.7 m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	66
ตารางที่ 6.5 เปรียบเทียบจำนวน lost calls เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, D_bs = 1.5R, v = 0.7 m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	67
ตารางที่ 6.6 เปรียบเทียบจำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, D_bs = 1.75R, v = 0.7 m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	68
ตารางที่ 6.7 เปรียบเทียบจำนวน lost calls เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, D_bs = 1.75R, v = 0.7 m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	69
ตารางที่ 6.8 เปรียบเทียบจำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, D_bs = 1.5R, v = 30 km/h ; D(3.5) ; M(5) ).....	74
ตารางที่ 6.9 เปรียบเทียบจำนวน lost calls เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, D_bs = 1.5R, v = 30 km/h ; D(3.5) ; M(5) ).....	75
ตารางที่ 6.10 เปรียบเทียบจำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, D_bs = 1.5R, v = 50 km/h ; D(3.5) ; M(5) ).....	76
ตารางที่ 6.11 เปรียบเทียบจำนวน lost calls เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, D_bs = 1.5R, v = 50 km/h ; D(3.5) ; M(5) ).....	77
ตารางที่ 6.12 เปรียบเทียบจำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 45, D_bs = 1.25R, v = 0.7 m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	80

## สารบัญตาราง ( ต่อ )

	หน้า
ตารางที่ 6.13 เปรียบเทียบจำนวน lost calls เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 45, D <sub>bs</sub> = 1.25R, v = 0.7 m/m ; D(3.5) ; M(5) ).....	81
ตารางที่ 6.14 เปรียบเทียบจำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 90, D <sub>bs</sub> = 1.25R, v = 0.7 m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	82
ตารางที่ 6.15 เปรียบเทียบจำนวน lost calls เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 90, D <sub>bs</sub> = 1.25R, v = 0.7 m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	83
ตารางที่ 6.16 อัตราส่วนเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์.....	85
ตารางที่ 7.1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์ทั้ง 3 วิธี.....	86
ตารางที่ ก.1 จำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไปตาม fading ซึ่งมีขั้นตอนการตัดสินใจ แฮนด์โอเวอร์แบบ Conventional ( Angle = 0, D <sub>bs</sub> = R, v = 0.7 m/s ).....	95
ตารางที่ ก.2 จำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไปตาม fading ซึ่งมีขั้นตอนการตัดสินใจ แฮนด์โอเวอร์โดยใช้หลักการของ Bayes ( Angle = 0, D <sub>bs</sub> = R, v = 0.7 m/s ).....	96
ตารางที่ ก.3 จำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไปตาม fading ซึ่งมีขั้นตอนการตัดสินใจ แฮนด์โอเวอร์โดยใช้ฟuzzy logic ( Angle = 0, D <sub>bs</sub> = R, v = .0.7 m/s ).....	97

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบภายนอกที่ติดต่อกับ BSS.....	5
รูปที่ 2.2 สถาปัตยกรรมทางด้านหน้าที่และการต่อร่วมหลัก.....	6
รูปที่ 2.3 NSS และการติดต่อกับส่วนประกอบอื่น	
(ก) ส่วนประกอบอื่นภายนอก (ข) โครงสร้างภายใน.....	7
รูปที่ 2.4 ตำแหน่งที่ใช้งาน OSS.....	9
รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบในแบบจำลองระบบสัญญาณของระบบ GSM.....	10
รูปที่ 2.6 โครงสร้างทางเวลาของ TACH/F.....	13
รูปที่ 2.7 โปรโตคอล MAP/X.....	15
รูปที่ 2.8 สถาปัตยกรรมโปรโตคอลของระบบ GSM.....	17
รูปที่ 2.9 การเรียกภายในโครงข่าย.....	17
รูปที่ 2.10 การเรียกระหว่างประเทศ.....	18
รูปที่ 3.1 ฟังก์ชัน และ membership function.....	20
รูปที่ 3.2 ฟังก์ชัน S.....	21
รูปที่ 3.3 ฟังก์ชัน $\pi$ .....	21
รูปที่ 3.4 ฟังก์ชันสามเหลี่ยม.....	22
รูปที่ 3.5 ฟังก์ชันที่มีการปรับโดย hedge.....	23
รูปที่ 3.6 เหตุผลทางฟuzzyโดยใช้ sup-min operation.....	29
รูปที่ 3.7 ระบบควบคุมฟuzzyลอจิก.....	29
รูปที่ 3.8 โครงสร้างพื้นฐานของ FLC.....	30
รูปที่ 4.1 พารามิเตอร์ในการแฮนด์โอเวอร์.....	35
รูปที่ 4.2 บริเวณฮิสเตอร์ซิส.....	36
รูปที่ 4.3 ตำแหน่งของสถานีฐาน BS1 และ สถานีฐาน BS2 ระยะห่างระหว่างสถานีฐาน	
แต่ละคู่ (D) และระยะห่างระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน (d).....	37
รูปที่ 4.4 ค่าความน่าจะเป็นเบื้องต้น ( A Priori Probability ) ของการแฮนด์โอเวอร์.....	37
รูปที่ 4.5 เทอร์ไฮลด์ของการแฮนด์โอเวอร์.....	40
รูปที่ 4.6 membership function ของ $d_u$ และ $d_t$ .....	43

สารบัญรูปภาพ ( ต่อ )

หน้า

รูปที่ 4.7	membership function ของ $ss_u$ และ $ss_t$ .....	43
รูปที่ 5.1	แนวการเคลื่อนที่ของโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบต่างๆ ที่ใช้ทดสอบ (ก) แนวการเคลื่อนที่แบบที่ 1 (ข) แนวการเคลื่อนที่แบบที่ 2 (ค) แนวการเคลื่อนที่แบบที่ 3.....	47
รูปที่ 5.2	ระยะห่างระหว่างสถานีฐานที่ 1 และ 2 (ก) ระยะห่างระหว่างสถานีฐานเท่ากับ 1 เท่าของรัศมีเซลล์ (ข) ระยะห่างระหว่างสถานีฐานเท่ากับ 1.25 เท่าของรัศมีเซลล์ (ค) ระยะห่างระหว่างสถานีฐานเท่ากับ 1.50 เท่าของรัศมีเซลล์ (ง) ระยะห่างระหว่างสถานีฐานเท่ากับ 1.75 เท่าของรัศมีเซลล์.....	48
รูปที่ 5.3	อัลกอริทึมของขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์แบบ Conventional.....	51
รูปที่ 5.4	อัลกอริทึมของขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์โดยใช้หลักการของ Bayes.....	52
รูปที่ 5.5	อัลกอริทึมของขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์โดยใช้ฟัชชันลอจิก.....	53
รูปที่ 5.6	membership function ของ $d_u$ และ $d_t$ ที่ใช้กำหนดค่า.....	54
รูปที่ 5.7	membership function ของ $ss_u$ และ $ss_t$ ที่ใช้กำหนดค่า.....	54
รูปที่ 6.1	เปรียบเทียบจำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, $D_{bs} = R$ , $v = 0.7$ m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	63
รูปที่ 6.2	เปรียบเทียบจำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, $D_{bs} = 1.25R$ , $v = 0.7$ m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	64
รูปที่ 6.3	เปรียบเทียบจำนวน lost calls เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, $D_{bs} = 1.25R$ , $v = 0.7$ m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	65
รูปที่ 6.4	เปรียบเทียบจำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, $D_{bs} = 1.5R$ , $v = 0.7$ m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	66
รูปที่ 6.5	เปรียบเทียบจำนวน lost calls เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, $D_{bs} = 1.5R$ , $v = 0.7$ m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	67
รูปที่ 6.6	เปรียบเทียบจำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, $D_{bs} = 1.75R$ , $v = 0.7$ m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	68
รูปที่ 6.7	เปรียบเทียบจำนวน lost calls เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, $D_{bs} = 1.75R$ , $v = 0.7$ m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	69

## สารบัญรูปภาพ ( ต่อ )

หน้า

รูปที่ 6.8	เปรียบเทียบจำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, D_bs = 1.5R, v = 30 km/h ; D(3.5) ; M(5) ).....	74
รูปที่ 6.9	เปรียบเทียบจำนวน lost calls เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, D_bs = 1.5R, v = 30 km/h ; D(3.5) ; M(5) ).....	75
รูปที่ 6.10	เปรียบเทียบจำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, D_bs = 1.5R, v = 50 km/h ; D(3.5) ; M(5) ).....	76
รูปที่ 6.11	เปรียบเทียบจำนวน lost calls เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 0, D_bs = 1.5R, v = 50 km/h ; D(3.5) ; M(5) ).....	77
รูปที่ 6.12	เปรียบเทียบจำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 45, D_bs = 1.25R, v = 0.7 m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	80
รูปที่ 6.13	เปรียบเทียบจำนวน lost calls เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 45, D_bs = 1.25R, v = 0.7 m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	81
รูปที่ 6.14	เปรียบเทียบจำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 90, D_bs = 1.25R, v = 0.7 m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	82
รูปที่ 6.15	เปรียบเทียบจำนวน lost calls เฉลี่ยทั้ง 3 วิธีตาม fading ที่เปลี่ยนแปลงไป ( Angle = 90, D_bs = 1.25R, v = 0.7 m/s ; D(3.5) ; M(5) ).....	83
รูปที่ ก.1	คู่ลำดับที่ใช้อ้างอิงตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่.....	91
รูปที่ ก.2	ตัวอย่างระดับความแรงสัญญาณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่รับได้ในแนวการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง 0 องศาจากสถานีฐานที่ 1 ไปยังสถานีฐานที่ 2 โดยมีระยะห่างระหว่างสถานีเท่ากับ 1.5 เท่าของรัศมีเซลล์ (ก) ระดับความแรงสัญญาณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่รับได้โดยไม่เพิ่ม fading (ข) ระดับความแรงสัญญาณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่รับได้โดยเพิ่ม fading +/- 7 dB.....	92
รูปที่ ก.3	ตัวอย่างระดับความแรงสัญญาณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่รับได้ในแนวการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงทำมุม 45 องศาตัดผ่านจุดกึ่งกลางระหว่างเซลล์ทั้งสอง โดยมีระยะห่างระหว่างสถานีเท่ากับ 1.5 เท่าของรัศมีเซลล์ (ก) ระดับความแรงสัญญาณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่รับได้โดยไม่เพิ่ม fading (ข) ระดับความแรงสัญญาณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่รับได้โดยเพิ่ม fading +/- 7 dB.....	93
รูปที่ ก.4	ตัวอย่างระดับความแรงสัญญาณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่รับได้ในแนวการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงตั้งฉากกับเส้นตรงระหว่างสถานีฐานที่ 1 และ 2 ณ จุดกึ่งกลางระหว่างสถานีฐานทั้งสอง โดยมีระยะห่างระหว่างสถานีเท่ากับ 1.5 เท่าของรัศมีเซลล์ (ก) ระดับความแรงสัญญาณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่รับได้โดยไม่เพิ่ม fading (ข) ระดับความแรงสัญญาณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่	



## สารบัญรูปภาพ ( ต่อ )

หน้า

	รับได้โดยเพิ่ม fading +/- 7 dB.....	94
รูปที่ ก.5	จำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไปตาม fading ซึ่งมีขั้นตอนการตัดสินใจ แฮนด์โอเวอร์โดยใช้แบบ Conventional ( Angle = 0, $D_{bs} = R$ , $v = 0.7$ m/s ).....	95
รูปที่ ก.6	จำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไปตาม fading ซึ่งมีขั้นตอนการตัดสินใจ แฮนด์โอเวอร์โดยใช้หลักการของ Bayes ( Angle = 0, $D_{bs} = R$ , $v = 0.7$ m/s ).....	96
รูปที่ ก.7	จำนวนแฮนด์โอเวอร์เฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไปตาม fading ซึ่งมีขั้นตอนการตัดสินใจ แฮนด์โอเวอร์โดยใช้ฟัชชันลอจิก ( Angle = 0, $D_{bs} = R$ , $v = 0.7$ m/s ).....	97
รูปที่ ก.8	ตัวอย่าง Handover Decision ในกรณี ( Angle = 0, $D_{bs} = 1.5R$ , $D(3.3)$ ) ที่เปลี่ยนแปลงตาม fading ที่เพิ่มเข้ามา โดยมีความเร็วของโทรศัพท์เคลื่อนที่ 0.7 m/s, 30 km/h, 50 km/h ตามลำดับ.....	100

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย