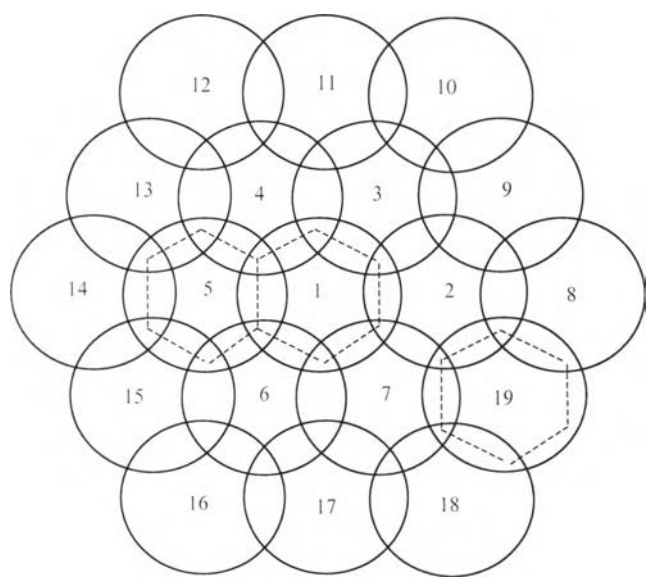
บทที่ 3
แบบจำลองและวิธีการจำลองแบบ

3.1 วิธีการจำลองแบบ

แบบจำลองที่ใช้จะอ้างอิงระบบเซลลูลาร์แอนะลอกความถี่ 800 MHz โดยจะทำการจำลองแบบเฉพาะในส่วนของการใช้ช่องสัญญาณ การกำหนดความถี่และการตรวจวัดสัญญาณแทรกสอด จะไม่ทำการจำลองแบบในส่วนของการเซตอัปก่อนการใช้ช่องสัญญาณและไม่จำลองแบบการแฮนด์โอเวอร์ โดยแบบจำลองที่ใช้มี 19 เซลล์ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การจัดวางเซลล์ที่ใช้ในแบบจำลอง

จากรูปลักษณะเซลล์ที่ 1-19 จะมีลักษณะเป็นวงกลมที่ซ้อนกันอยู่ แต่ตำแหน่งการเรียกที่เกิดขึ้นในแต่ละเซลล์ จะอยู่ภายในพื้นที่หกเหลี่ยม อันเกิดจากเส้นแสดงความแรงสัญญาณเท่ากันระหว่างเซลล์ โดยจะถือว่าการเรียกที่เกิดขึ้นทั้งหมดอยู่ภายใน 19 เซลล์นี้ และตำแหน่งที่เกิดการเรียกจะมีการแจกแจงอย่างสม่ำเสมอ (Uniform distribution) โดยการจำลองแบบจะเก็บผลข้อมูลจากเซลล์ทั้งหมด

ในการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ จะทำการเก็บผลเฉลี่ยที่เกิดขึ้นใน 1 ชั่วโมง โดยเวลาที่ใช้ในการจำลองแบบ จะแบ่งเป็นเฟรมๆละ ¼ วินาที (เพื่อให้มีจำนวนเฟรมใน 1 ชั่วโมงมากเพียงพอกับการเก็บตัวอย่างข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ต่อไป) ดังนั้นใน 1 ชั่วโมงจะมีเฟรมทั้งหมด 14400 เฟรม โดยแต่ละเฟรมจะมีการสุ่มการเกิดการเรียก ซึ่งอัตราการเกิดการเรียกมีการแจกแจงแบบปัวส์ซง

ในการจำลองแบบ จะจำลองแบบในการทำงานใน 1 ชั่วโมงแรกก่อน เพื่อให้มีสถานะเริ่มต้น คือ จำนวนช่องสัญญาณที่ใช้งานอยู่ในแต่ละเซลล์ เวลายึดช่องสัญญาณที่ยังเหลืออยู่ของช่องสัญญาณที่ใช้งาน และความถี่ที่กำหนดให้ในแต่ละช่องสัญญาณ จากนั้นจึงทำการบันทึกผล การบล็อก ค่าเวลารวมในการใช้ช่องสัญญาณเพื่อนำมาหาทราฟฟิกที่ให้บริการ ค่าเฉลี่ยสัญญาณแทรกสอด ค่าเฉลี่ยสัญญาณคลื่นพาห์ และจำนวนครั้งที่ C/I มากกว่า 18 dB เพื่อนำมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยจะแบ่งเป็นผลของเซลล์ที่ 1 และเซลล์ที่ 2-19 และจะทำการจำลองแบบต่อเนื่องกันนาน 100 ชั่วโมง และมีการเปลี่ยนค่าเริ่มต้นของตัวเลขสุ่ม (seed number) ไปในทุกๆชั่วโมงที่มีการจำลอง จากนั้นจึงนำผลที่ได้จากการจำลองแบบทั้ง 100 ชั่วโมงมาคิดเป็นผลเฉลี่ยต่อ 1 ชั่วโมง

เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ปริมาณทราฟฟิกขอบริการ
2. จำนวนช่องสัญญาณที่มีในเซลล์
3. ปริมาณพื้นที่ที่เกยกันของเซลล์ โดยจะวัดในรูปของเปอร์เซ็นต์การซ้อนกันของรัศมีเซลล์
4. อัตราส่วนทราฟฟิกขอบริการของเซลล์ที่ 2-19 เมื่อเทียบกับของเซลล์ที่ 1

โดยการจำลองแบบจะทำในเงื่อนไขต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ที่เปอร์เซ็นต์การซ้อนกันของรัศมีเซลล์ 25 % เซลล์ที่ 1-19 มีทราฟฟิกขอบริการที่เท่ากัน โดยเปลี่ยนค่าทราฟฟิกขอบริการไปตั้งแต่ 10-75 เออร์แลง โดยจะทำในกรณีที่แต่ละเซลล์มีจำนวนช่องสัญญาณที่เท่ากันที่ 20 , 40 ช่องสัญญาณ
2. ที่เปอร์เซ็นต์การซ้อนกันของรัศมีเซลล์ 25 % เซลล์ที่ 1-19 มีทราฟฟิกขอบริการที่เท่ากัน โดยเปลี่ยนค่าจำนวนช่องสัญญาณที่เท่ากันของแต่ละเซลล์ไปตั้งแต่ 10 ถึง 78 ช่องสัญญาณ โดยจะทำในกรณีที่ แต่ละเซลล์มีทราฟฟิกขอบริการเป็น 20 และ 30 เออร์แลง
3. ที่เปอร์เซ็นต์การซ้อนกันของรัศมีเซลล์ที่ 10 %และ 40 % เซลล์ที่ 1-19 มีทราฟฟิกขอบริการที่เท่ากัน แต่ละเซลล์มีจำนวนช่องสัญญาณที่เท่ากันที่ 20 ช่องสัญญาณ โดยในแต่ละกรณีจะทำการเปลี่ยนค่าทราฟฟิกขอบริการไปตั้งแต่ 10-60 เออร์แลง และจะจำลองแบบใน

กรณีที่แต่ละเซลล์มีจำนวนช่องสัญญาณ 20 ช่องสัญญาณ เซลล์ที่ 1-19 มีทราฟฟิกขอบริการที่เท่ากัน โดยจะเปลี่ยนค่าเปอร์เซ็นต์การซ้อนกันของรัศมีเซลล์ไปตั้งแต่ 10 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยจะทำในกรณีที่ แต่ละเซลล์มีทราฟฟิกขอบริการเป็น 10 , 15 และ 25 เออร์แลง

4. ที่เปอร์เซ็นต์การซ้อนกันของรัศมีเซลล์ 25 % แต่ละเซลล์มีจำนวนช่องสัญญาณ 20 ช่องสัญญาณ ที่ทราฟฟิกขอบริการเฉลี่ยของเซลล์ที่ 2-19 เป็น 0.7 และ 1.3 เท่าของทราฟฟิกขอบริการในเซลล์ที่ 1 โดยจะเปลี่ยนค่าทราฟฟิกขอบริการของเซลล์ที่ 1 ไปตั้งแต่ 10-60 เออร์แลง และจะจำลองแบบในกรณีที่มีเปอร์เซ็นต์การซ้อนกันของรัศมีเซลล์ 25 % แต่ละเซลล์มีจำนวนช่องสัญญาณ 20 ช่องสัญญาณ โดยจะเปลี่ยนค่าอัตราส่วนทราฟฟิกขอบริการของเซลล์ที่ 2-19 เมื่อเทียบกับทราฟฟิกขอบริการในเซลล์ที่ 1 ไปตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.5 เท่า โดยจะจำลองแบบนี้ในกรณีที่เซลล์ที่ 1 มีทราฟฟิกขอบริการเป็น 10 , 15 และ 25 เออร์แลง

3.2 การนำเสนอผลการจำลองแบบ

การนำเสนอผลการจำลองแบบจะเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสัญญาณแทรกสอด และค่าเปอร์เซ็นต์ C/I ที่มากกว่า 18 dB ของวิธีแบบกำหนดความถี่ช่องสัญญาณตายตัว (Non-hop) กับวิธีแบบความถี่ช่องสัญญาณเปลี่ยนแปลงได้ (Hop) ซึ่งเป็นวิธีที่เสนอ โดยจะแบ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นในเซลล์ที่ 1 และ เซลล์ที่ 2-19 เพื่อดูผลของเซลล์ที่อยู่ตรงกลางและเซลล์รอบข้าง ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร โดย

- ค่าเฉลี่ยสัญญาณแทรกสอด จะคิดมาจากค่าสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นในทุกช่องสัญญาณที่มีอยู่ในเซลล์นั้น
- ค่าเปอร์เซ็นต์ C/I ที่มากกว่า 18 dB จะคิดจากจำนวนครั้งที่ C/I มีค่ามากกว่า 18 dB เมื่อเทียบกับจำนวนครั้งทั้งหมด ภายในเซลล์นั้น
- อัตราการบล็อก จะคิดจากจำนวนบล็อกที่เกิดขึ้นเมื่อเทียบกับจำนวนการเรียกทั้งหมดที่เกิดขึ้น
- อัตราการดร็อป จะคิดจากจำนวนครั้งที่ดร็อปเทียบกับจำนวนครั้งของการใช้งานทั้งหมดที่เกิดขึ้น

และจะทำตารางและเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบในกรณีเงื่อนไขต่างๆดังกล่าวไว้ในหัวข้อ 3.1 เพื่อที่จะดูผลการเปลี่ยนแปลงของค่าสัญญาณแทรกสอดและค่าเปอร์เซ็นต์ C/I ที่มากกว่า 18 dB และค่าผลต่างระหว่างวิธีแบบกำหนดความถี่ช่องสัญญาณตายตัวกับแบบเปลี่ยนแปลงได้ ในเซลล์ที่ 1 และ เซลล์ที่ 2-19

3.3 ข้อกำหนด

3.3.1 ข้อกำหนดเบื้องต้น (อ้างอิงจากระบบเซลลูลาร์แอนะลอก ความถี่ 800 MHz)

1. จะทำการจำลองแบบเฉพาะบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่พื้นฐาน โดยอ้างอิงระบบเซลลูลาร์แอนะลอกความถี่ 800 MHz
2. การเรียกทุกครั้งถือว่ามีการรับสาย
3. ไม่คิดเฟดดิง
4. จะคิดว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่ไม่มีการเคลื่อนที่ขณะที่มีการใช้งาน
5. ไม่คิดการแฮนด์โอเวอร์
6. ความถี่ที่ใช้ในการคำนวณความแรงของสัญญาณคือ 800 MHz
7. การเรียกมีการแจกแจงการเกิดแบบปัวส์ซง
8. ตำแหน่งของการเรียกที่เกิดในแต่ละเซลล์ จะอยู่ในพื้นที่ที่ได้รับความแรงสัญญาณมากกว่าจากเซลล์อื่น และตำแหน่งที่เกิดมีการแจกแจงอย่างสม่ำเสมอ
9. มีการนำความถี่กลับมาใช้ใหม่ (Frequency reuse) โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มความถี่ และจะมีช่องความถี่ทั้งหมด 312 ช่องความถี่
10. มีระดับสัญญาณรบกวนเชิงความร้อน (Thermal noise) ที่ -130 dBm (ที่มา Motorola ,: "Interference Detection", 1993)

3.3.2 ข้อกำหนดเกี่ยวกับเซลล์ (อ้างอิงจากระบบเซลลูลาร์แอนะลอก ความถี่ 800 MHz)

1. แต่ละเซลล์ส่งสัญญาณแบบรอบทิศทาง (omni-directional)
2. กำลังส่งของแต่ละช่องสัญญาณ 10 W (40 dBm)
3. จำนวนชองสัญญาณมากสุดที่มีได้ในหนึ่งเซลล์คือ 78 ช่องสัญญาณ
4. เวลาเฉลี่ยในการยึดช่องสัญญาณ 180 วินาที มีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลเชิงลบ
5. ตำแหนงสายอากาศของสถานีฐานสูงจากพื้น 30 เมตร
6. ตำแหน่งสายอากาศของโทรศัพท์เคลื่อนที่สูงจากพื้น 1.5 เมตร
7. อัตราขยายของสายอากาศของสถานีฐานเป็น 10 dB และของโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็น 0 dB
8. รัศมีเซลล์ 6 กิโลเมตร
9. มีการใช้ฟิลเตอร์ความถี่ของแต่ละช่องสัญญาณ โดยจะมีค่าลดทอน 24dB/oct ในความถี่นอกย่านของตัวเอง (ที่มา LEE C.Y., 1995: 215)

การคำนวณความแรงสัญญาณจะใช้สมการของ Hata ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากในการหาค่าการสูญเสียทางวิถี (path loss) (JCS Cheung, SG Chard and MA Beach 1992)

เนื่องจากไม่คิดเฟดดิง ดังนั้น

$$P_{..} = P_{..} - P_{..}$$

$P_{..}$ คือ ความแรงสัญญาณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่รับได้

$P_{..}$ คือ กำลังส่งจากเซลล์

$P_{..}$ คือ การสูญเสียทางวิถี (Path loss) ซึ่งใช้สมการของ Hata

$$P_{..} = 69.55 + (26.16)\log_{10} f_{..} - (13.82)\log_{10} h_{..} - a(h_{m})+ (44.9 - (6.55)\log_{10} h_{..})\log_{10} d$$

โดยที่ $f_{..}$ คือ ค่าความถี่ที่ใช้งาน

$h_{..}$ คือ ความสูงของสายอากาศของสถานีฐาน (เมตร)

h_{m} คือ ความสูงของสายอากาศของสถานีเคลื่อนที่ (เมตร)

d คือ ระยะห่างระหว่างสถานีฐานกับสถานีเคลื่อนที่ (กิโลเมตร)

$a(h_{..}) = (1.1\log_{10} f_{..} - 0.7)h_{m} - (1.56\log_{10} f_{..} - 0.8)$

เนื่องจากในความเป็นจริงความถี่ของแต่ละช่องสัญญาณจะต่างกันอยู่แต่ก็ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงใช้ค่าความถี่ 800 MHz เป็นค่าแทนในการคำนวณ ซึ่งจะใช้สมการของ Hata ในการคำนวณค่าความแรงของสัญญาณคลื่นพาห์และสัญญาณแทรกสอด

จากลักษณะแบบจำลอง 19 เซลล์ที่ใช้ จะมีการแบ่งกลุ่มความถี่ของแต่ละเซลล์เป็นไปตามหลักการนำความถี่กลับมาใช้ใหม่ ดังรูปที่ 3.2 จะเห็นว่ามีเซลล์ที่ใช้ความถี่กลุ่ม A อยู่ 7 เซลล์ และความถี่กลุ่ม B, C และ D อยู่อย่างละ 4 เซลล์ โดยในแต่ละกลุ่มความถี่จะประกอบด้วย 78 ความถี่ (312 ช่อง / 4 กลุ่ม) ดังนั้นใน 1 เซลล์จึงมีช่องสัญญาณใช้งานได้มากที่สุด 78 ช่องสัญญาณ (ช่องสัญญาณละหนึ่งความถี่) ตารางที่ 3.1 แสดงช่องความถี่ที่ใช้งานในแต่ละกลุ่มความถี่

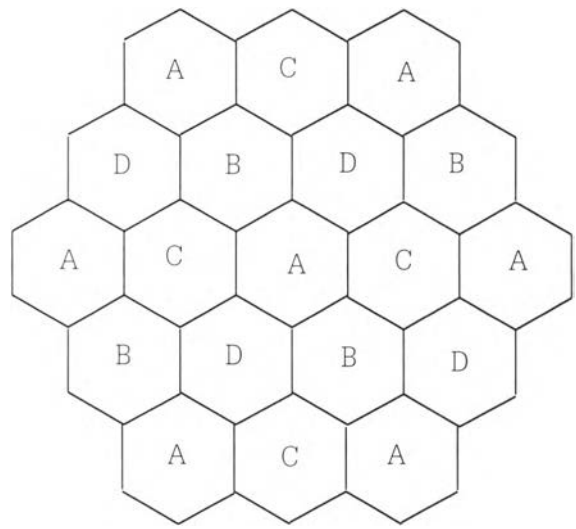
ตารางที่ 3.1 ช่องความถี่ในแต่ละกลุ่มความถี่ที่ใช้งาน (ที่มา MOTOROLA., :"Cellular Overview",1994)

ช่องความถี่ / กลุ่มความถี่	ช่อง 1	ช่อง 2	ช่อง 3	ช่อง 4	ช่อง 5	ช่อง 6	ช่อง 7	ช่อง 8	ช่อง 9	ช่อง 10	ช่อง 11	ช่อง 12	ช่อง 13	ช่อง 14	ช่อง 15	ช่อง 16	ช่อง 17	ช่อง 18	ช่อง 19	ช่อง 20	ช่อง 21	ช่อง 22	ช่อง 23	ช่อง 24	ช่อง 25	ช่อง 26
A	1	5	9	13	17	21	25	29	33	37	41	45	49	53	57	61	65	69	73	77	81	85	89	93	97	101
B	2	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70	74	78	82	86	90	94	98	102
C	3	7	11	15	19	23	27	31	35	39	43	47	51	55	59	63	67	71	75	79	83	87	91	95	99	103
D	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104

ช่องความถี่ / กลุ่มความถี่	ช่อง 27	ช่อง 28	ช่อง 29	ช่อง 30	ช่อง 31	ช่อง 32	ช่อง 33	ช่อง 34	ช่อง 35	ช่อง 36	ช่อง 37	ช่อง 38	ช่อง 39	ช่อง 40	ช่อง 41	ช่อง 42	ช่อง 43	ช่อง 44	ช่อง 45	ช่อง 46	ช่อง 47	ช่อง 48	ช่อง 49	ช่อง 50	ช่อง 51	ช่อง 52
A	105	109	113	117	121	125	129	133	137	141	145	149	153	157	161	165	169	173	177	181	185	189	193	197	201	205
B	106	110	114	118	122	126	130	134	138	142	146	150	154	158	162	166	170	174	178	182	186	190	194	198	202	206
C	107	111	115	119	123	127	131	135	139	143	147	151	155	159	163	167	171	175	179	183	187	191	195	199	203	207
D	108	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	172	176	180	184	188	192	196	200	204	208

ช่องความถี่ / กลุ่มความถี่	ช่อง 53	ช่อง 54	ช่อง 55	ช่อง 56	ช่อง 57	ช่อง 58	ช่อง 59	ช่อง 60	ช่อง 61	ช่อง 62	ช่อง 63	ช่อง 64	ช่อง 65	ช่อง 66	ช่อง 67	ช่อง 68	ช่อง 69	ช่อง 70	ช่อง 71	ช่อง 72	ช่อง 73	ช่อง 74	ช่อง 75	ช่อง 76	ช่อง 77	ช่อง 78
A	209	213	217	221	225	229	233	237	241	245	249	253	257	261	265	269	273	277	281	285	289	293	297	301	305	309
B	210	214	218	222	226	230	234	238	242	246	250	254	258	262	266	270	274	278	282	286	290	294	298	302	306	310
C	211	215	219	223	227	231	235	239	243	247	251	255	259	263	267	271	275	279	283	287	291	295	299	303	307	311
D	212	216	220	224	228	232	236	240	244	248	252	256	260	264	268	272	276	280	284	288	292	296	300	304	308	312

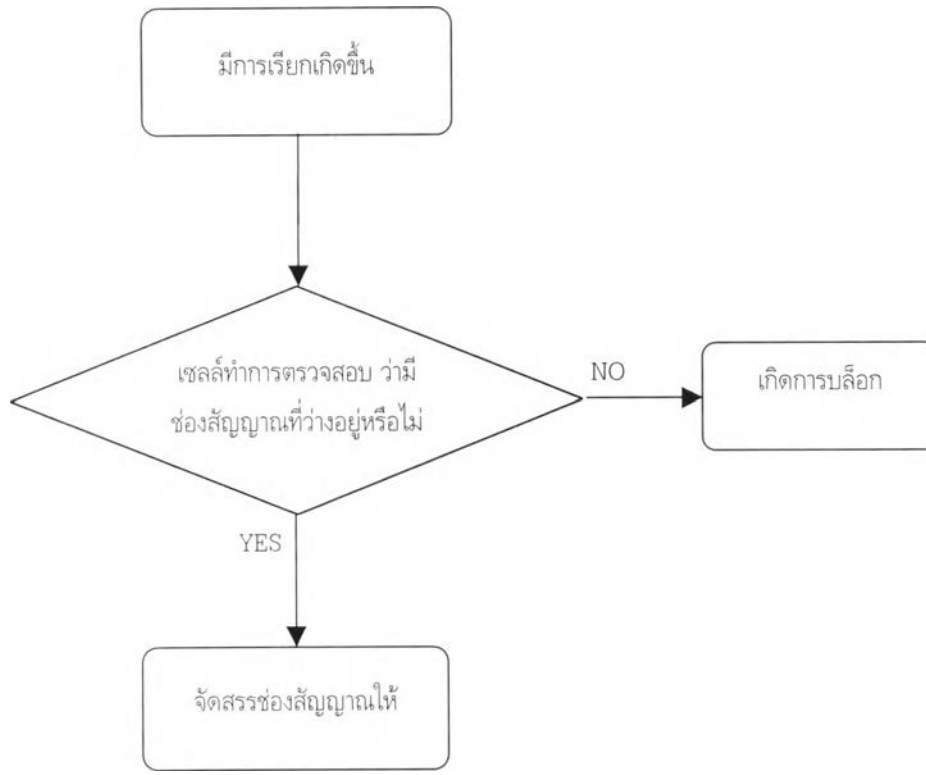
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 การกำหนดกลุ่มความถี่ของแต่ละเซลล์

3.4 แบบจำลองเมื่อมีการร้องขอใช้ช่องสัญญาณ

เมื่อมีการร้องขอใช้ช่องสัญญาณจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือมีการเรียกเกิดขึ้น เซลล์ก็จะทำการตรวจสอบว่ายังมีช่องสัญญาณที่ว่างอยู่หรือไม่ ถ้าไม่มีช่องสัญญาณว่าง ก็จะเกิดการบล็อก และโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นก็จะไม่ได้ใช้งานในการเรียกครั้งนั้น แต่ถ้าเซลล์มีช่องสัญญาณที่ว่างอยู่ก็จะทำการจัดสรรช่องสัญญาณที่ว่างให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นได้ใช้งาน แสดงการทำงานดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แบบจำลองเมื่อมีการร้องขอใช้ช่องสัญญาณ

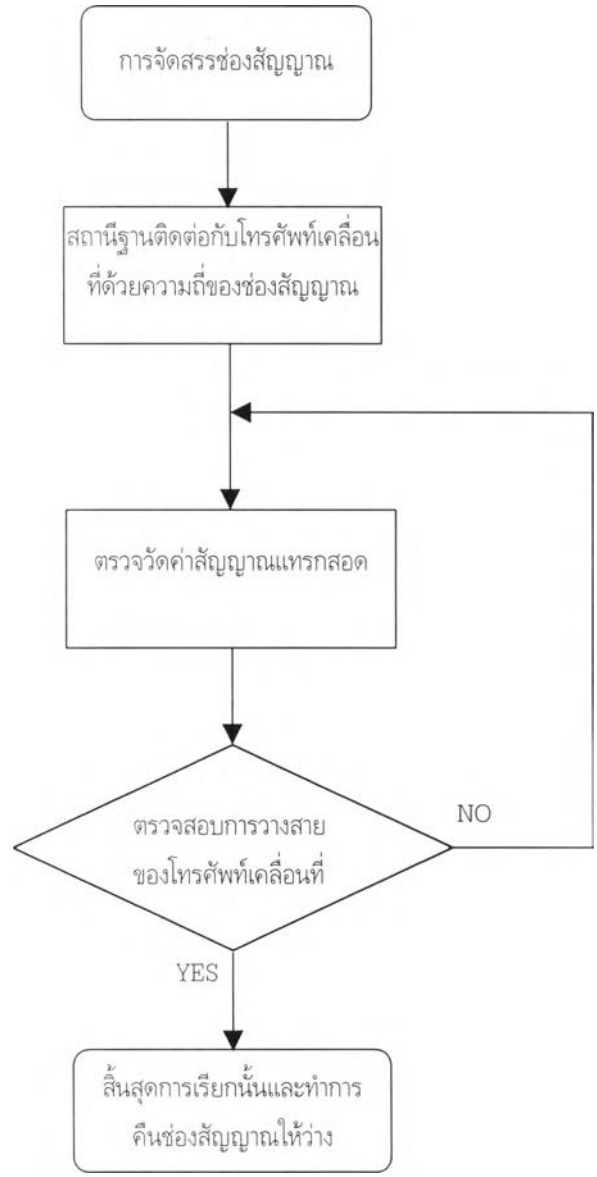
3.5 แบบจำลองในการกำหนดความถี่ของช่องสัญญาณ

3.5.1 แบบจำลองในการกำหนดความถี่ของช่องสัญญาณแบบตายตัว (Fixed frequency or Non-hop)

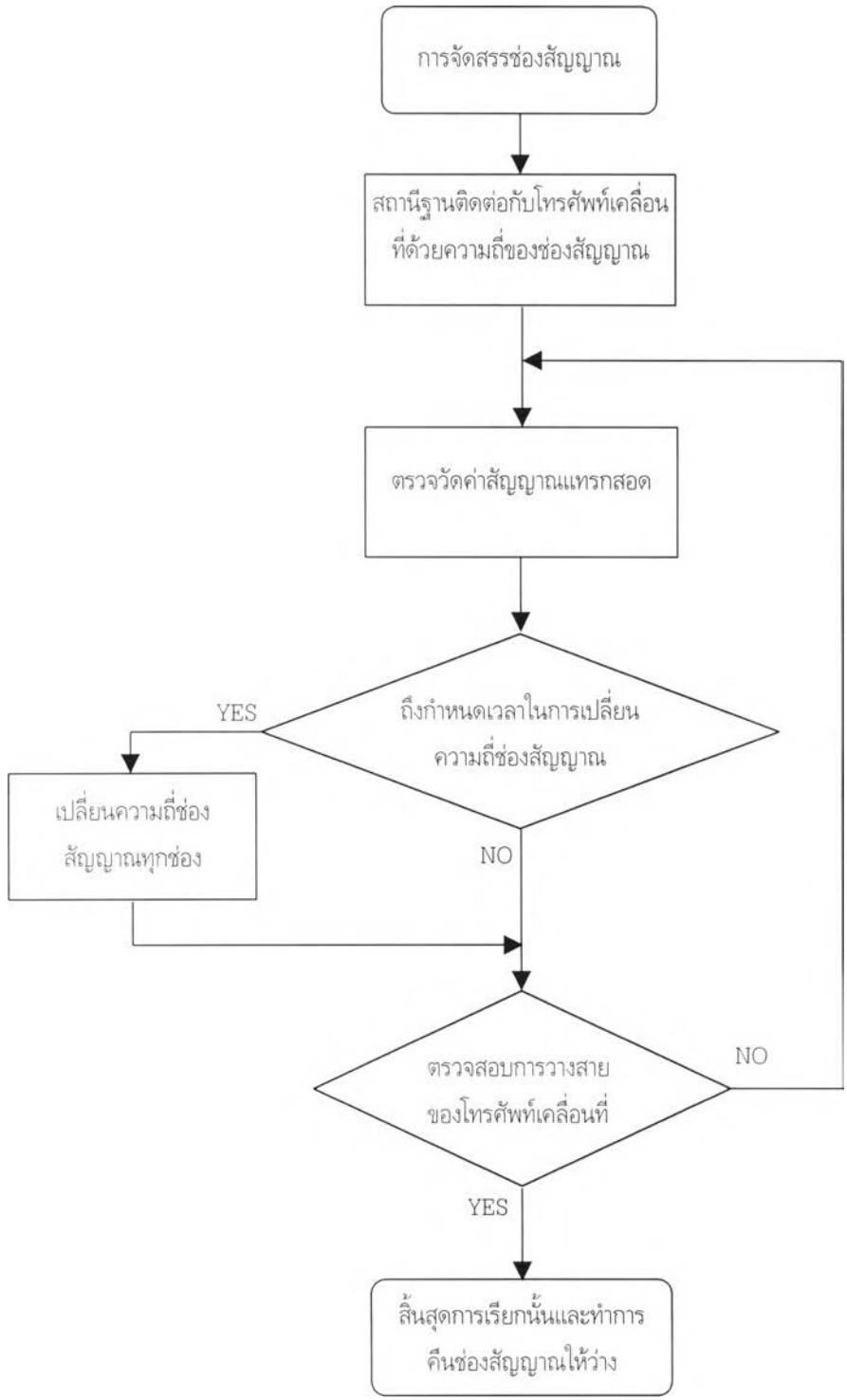
เมื่อเซลล์มีการจัดสรรช่องสัญญาณให้กับการเรียกที่เกิดขึ้น สถานีฐานจะทำการติดต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยช่องความถี่ที่กำหนดไว้สำหรับช่องสัญญาณที่จัดสรรให้ไป ตลอดเวลาในการใช้งานของช่องสัญญาณนั้น และจะมีการตรวจวัดค่าสัญญาณแทรกสอดของช่องสัญญาณที่มาจากเซลล์รอบข้างอยู่ตลอดเวลาที่มีการใช้งานช่องสัญญาณ ช่องสัญญาณจะถูกใช้งานจนกว่าจะหมดเวลาในการยึดช่องสัญญาณของการเรียกนั้นหรือคือการวางสายของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ก็จะมีการคืนช่องสัญญาณนั้นให้ว่างเพื่อรอการใช้งานจากการเรียกอื่นต่อไป แสดงขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 3.4

3.5.2 แบบจำลองในการกำหนดความถี่ของช่องสัญญาณแบบเปลี่ยนแปลงได้ (Frequency hopping)

เมื่อเซลล์มีการจัดสรรช่องสัญญาณให้กับการเรียกที่เกิดขึ้น สถานีฐานก็จะทำการเริ่มทำการติดต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยความถี่ที่ถูกกำหนดให้ให้กับช่องสัญญาณที่จัดสรรให้ ในขณะที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณ และความถี่ที่ใช้ในการติดต่อนี้จะถูกเปลี่ยนไปในทุกๆช่วงเวลาหนึ่งที่กำหนดไว้สำหรับเซลล์นั้น และก็จะมีการตรวจวัดค่าสัญญาณแทรกสอดของช่องสัญญาณอยู่ตลอดเวลาในการใช้งานของช่องสัญญาณเช่นกัน และช่องสัญญาณนั้นจะว่างลงเมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้งานอยู่วางสายเลิกใช้งาน แสดงการทำงานดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 แบบจำลองการกำหนดความถี่ของช่องสัญญาณแบบตายตัว



รูปที่ 3.5 แบบจำลองการกำหนดความถี่ของช่องสัญญาณแบบเปลี่ยนแปลงได้

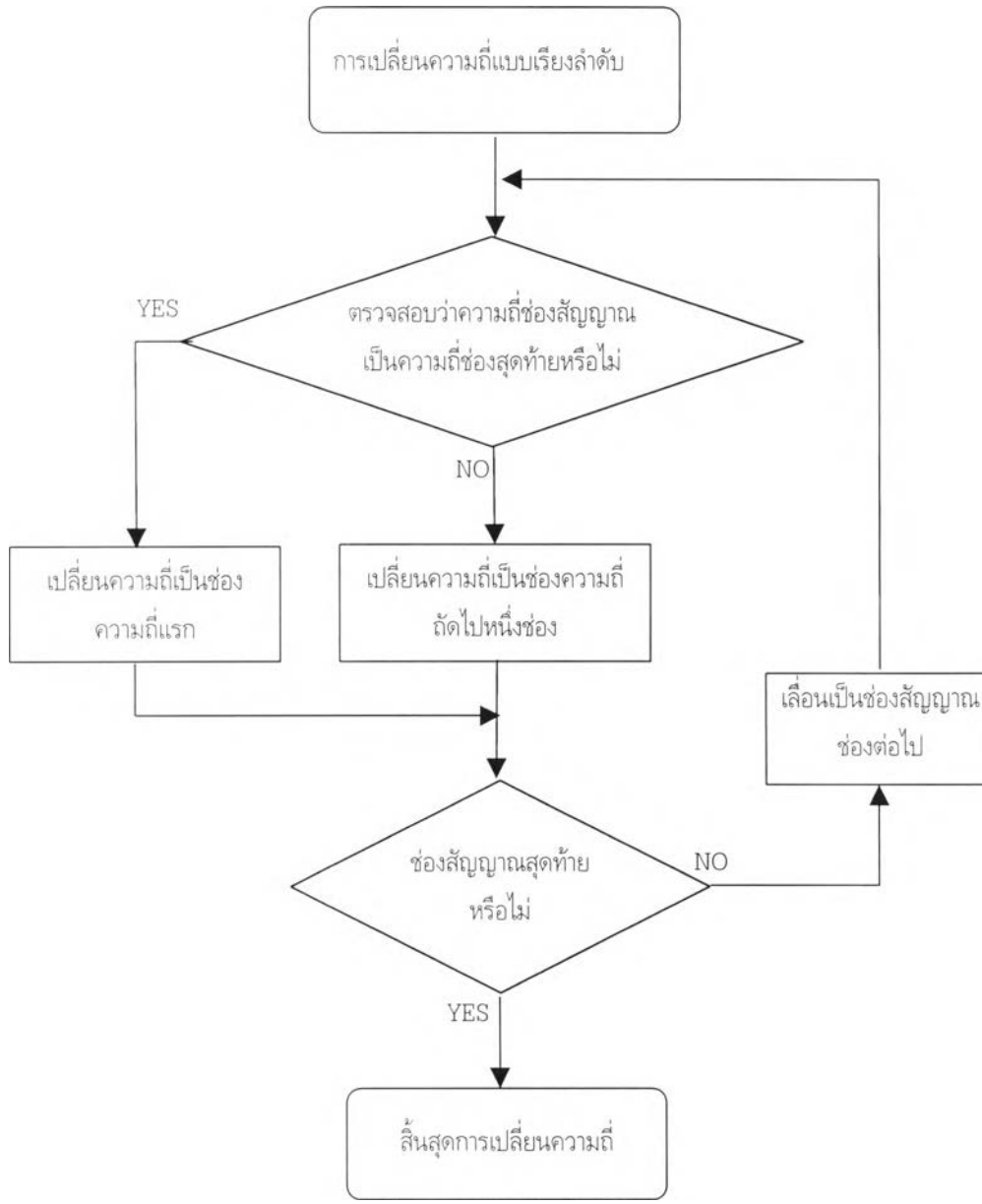
3.6 แบบจำลองในการเปลี่ยนความถี่ของช่องสัญญาณ

3.6.1 แบบจำลองในการเปลี่ยนความถี่ของช่องสัญญาณแบบเรียงลำดับ

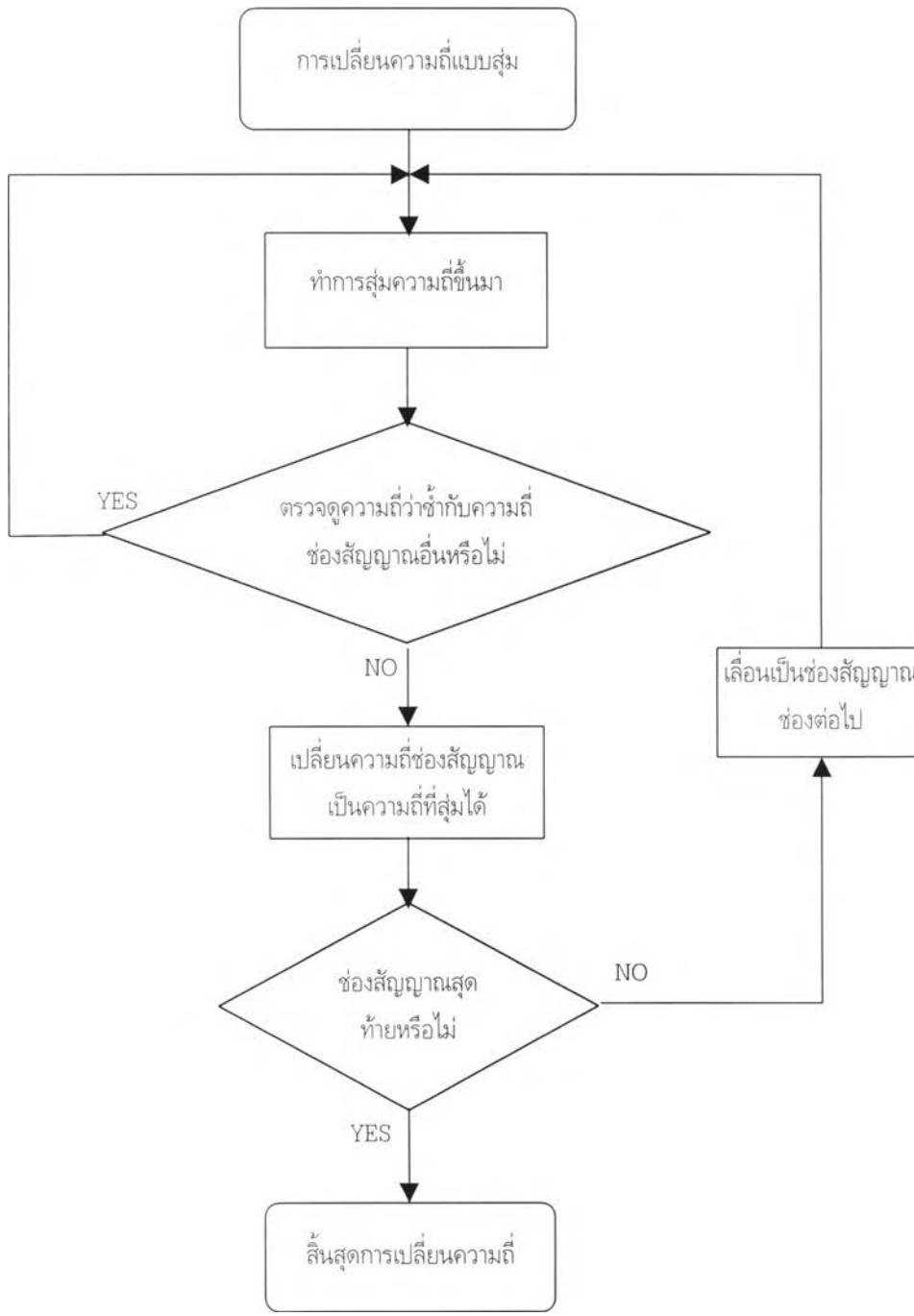
เมื่อถึงกำหนดเวลาในการเปลี่ยนความถี่ช่องสัญญาณของเซลล์ ซึ่งแต่ละเซลล์จะมีช่วงเวลาที่ไม่เท่ากัน เซลล์ก็จะการเปลี่ยนความถี่ของช่องสัญญาณทุกช่องสัญญาณที่มีอยู่ในเซลล์นั้น ไม่ว่าจะใช้งานอยู่หรือไม่ เซลล์จะเปลี่ยนความถี่ของช่องสัญญาณเพิ่มไป 1 ช่องความถี่คือไปใช้ในความถี่ช่องถัดไป โดยจะมีการตรวจด้วยว่าความถี่ช่องสัญญาณที่จะเปลี่ยนนั้น เป็นความถี่ช่องสุดท้ายของกลุ่มความถี่เซลล์นั้นหรือไม่ ถ้าใช่ก็จะเปลี่ยนความถี่ช่องสัญญาณนั้นเป็นความถี่ช่องแรกของกลุ่มความถี่แทน โดยความถี่ที่เปลี่ยนไปนั้นจะเป็นความถี่ที่อยู่ในกลุ่มความถี่ที่กำหนดไว้ให้ของเซลล์เท่านั้น เช่นเซลล์ที่ 1 ใช้กลุ่มความถี่ A ฉะนั้นความถี่ช่องสัญญาณในเซลล์ที่ 1 ที่จะใช้งานหรือเปลี่ยนไปก็จะต้องอยู่ภายในความถี่กลุ่ม A ด้วยเป็นต้น เซลล์จะทำการเปลี่ยนความถี่ของช่องสัญญาณจนครบทุกช่องสัญญาณที่มีอยู่ และความถี่ในแต่ละช่องสัญญาณจะเรียงลำดับช่องความถี่กันไป แต่ในการใช้งานกับระบบจริง ทุกช่องสัญญาณจะทำการเปลี่ยนความถี่ของช่องสัญญาณพร้อมกันทั้งหมด แต่ในการจำลองแบบนี้จะทำการเปลี่ยนความถี่ทีละช่องสัญญาณจนครบทั้งหมด โดยที่ช่วงเวลาในการเปลี่ยนความถี่ของแต่ละเซลล์จะไม่เท่ากัน เพราะว่าถ้าเท่ากันแล้ว จะทำให้ความถี่ของช่องสัญญาณแต่และเซลล์เปลี่ยนไปพร้อมๆกันตลอด และความถี่ของช่องสัญญาณจะตรงกันไปตลอดด้วย (เพราะมีการเลื่อนช่องความถี่ทีละหนึ่งช่อง เท่ากันทุกเซลล์) ซึ่งจะทำให้การเปลี่ยนความถี่ของช่องสัญญาณนั้นไม่มีประโยชน์ จึงต้องกำหนดช่วงเวลาในการเปลี่ยนความถี่ของช่องสัญญาณของแต่ละเซลล์ที่ต่างกันไป แสดงการทำงานได้ดังรูปที่ 3.6

3.6.2 แบบจำลองการเปลี่ยนความถี่ของช่องสัญญาณแบบสุ่ม

จะมีการทำงานที่คล้ายกับแบบจำลองการเปลี่ยนความถี่ช่องสัญญาณแบบเรียงลำดับ แต่จะต่างกันตรงที่ความถี่ที่จะเปลี่ยนไป โดยวิธีนี้ความถี่ใหม่จะถูกสุ่มขึ้นมา และจะมีการตรวจว่าต้องไม่ซ้ำกับความถี่ในช่องสัญญาณอื่น ถ้าซ้ำก็จะมีการสุ่มความถี่ขึ้นมาใหม่ โดยที่ความถี่ที่ถูกสุ่มขึ้นมาก็จะต้องอยู่ภายในความถี่ของกลุ่มความถี่ของเซลล์ตัวเองเช่นกัน และในการทำงานของระบบจริง ทุกช่องสัญญาณจะทำการเปลี่ยนความถี่ของช่องสัญญาณพร้อมกันทั้งหมดในเวลาเดียวกัน แต่ในแบบจำลองนี้จะทำการเปลี่ยนความถี่ของช่องสัญญาณทีละช่องสัญญาณจนครบทั้งหมด ดังแสดงการทำงานดังรูปที่ 3.7



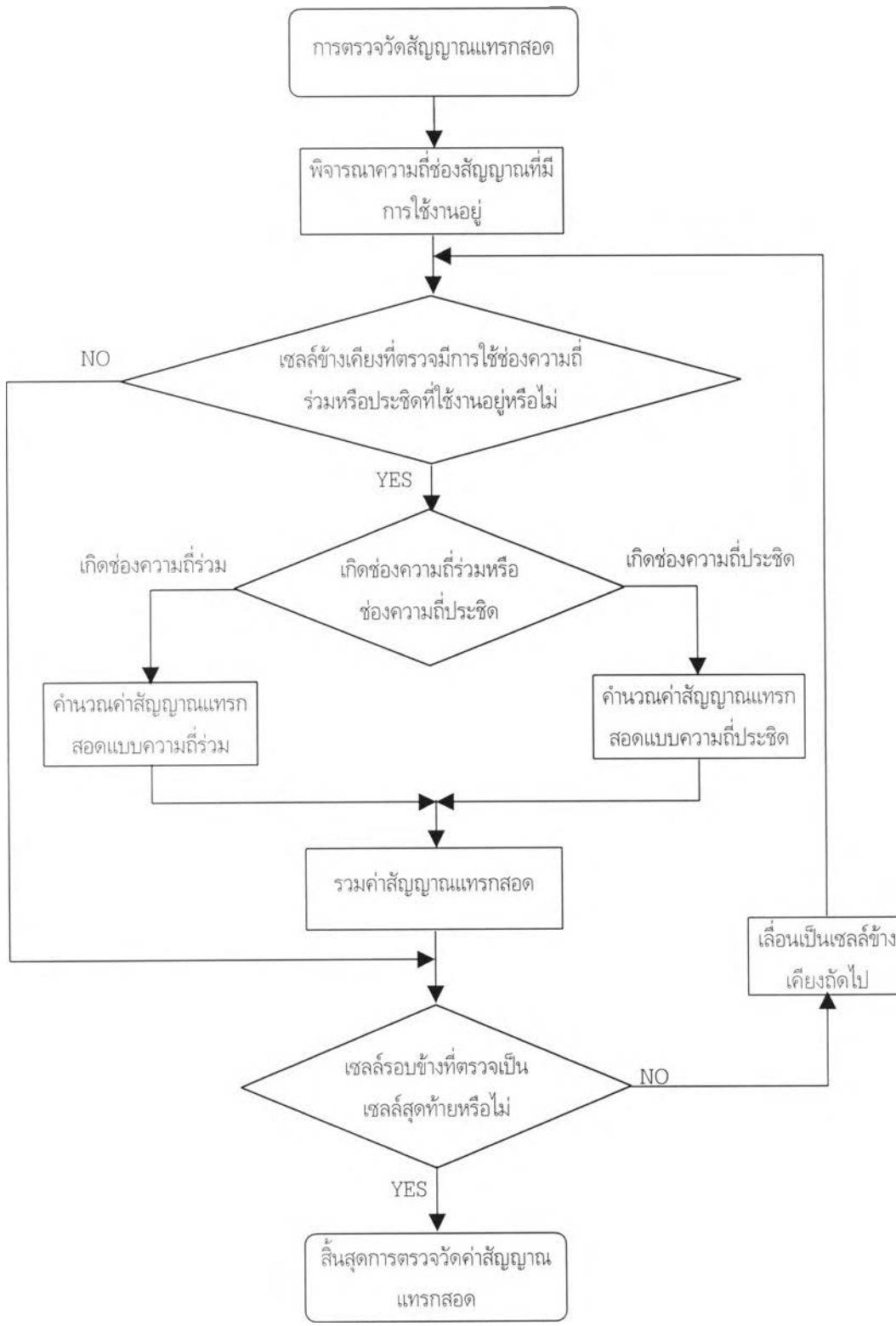
รูปที่ 3.6 แบบจำลองการเปลี่ยนความถี่ของช่องสัญญาณแบบเรียงลำดับ



รูปที่ 3.7 แบบจำลองการเปลี่ยนความถี่ของช่องสัญญาณแบบสุ่ม

3.7 แบบจำลองการตรวจวัดสัญญาณแทรกสอด

จะดูผลสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นที่ตัวโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่ความถี่ที่ใช้ติดต่อจากสถานีฐานมายังโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในแบบจำลองนี้จะคิดผลสัญญาณแทรกสอดที่ช่องสัญญาณความถี่หนึ่งๆ จากผลของการใช้ความถี่ร่วมกัน (Co-channel interference) หรือความถี่ประชิดกัน (Adjacent channel interference) จากช่องสัญญาณอื่นในเซลล์รอบข้างของเซลล์ที่พิจารณา โดยจะมีหลักการคือทำการตรวจความถี่ของช่องสัญญาณทีละช่องสัญญาณ จะสนใจเฉพาะความถี่ของช่องสัญญาณที่มีการใช้งานอยู่ จากนั้นจึงทำการตรวจหาในเซลล์รอบข้างว่ามีการใช้ความถี่ร่วมหรือประชิดกับความถี่ที่สนใจหรือไม่ โดยจะทำการตรวจในทุกช่องสัญญาณที่มีการใช้งานในทุกเซลล์ จากนั้นก็จะคำนวณหาค่าสัญญาณแทรกสอด โดยค่าความแรงของสัญญาณแทรกสอดจะขึ้นกับระยะทางที่เกิดการแทรกสอด และจะคิดรวมจากทุกช่องสัญญาณที่ทำให้เกิดสัญญาณแทรกสอดขึ้น วิธีคำนวณค่าความแรงสัญญาณก็จะใช้สมการ Hata ระยะทางที่จะใช้ในการคำนวณคือระยะจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่สนใจไปยังตำแหน่งกลางของเซลล์ที่ก่อให้เกิดสัญญาณแทรกสอด โดยถ้าเป็นความถี่ประชิดกัน ค่าความแรงจะถูกลดทอนไป 24 dB จากผลของฟิลเตอร์ โดยจะทำการตรวจวัดสัญญาณแทรกสอดเช่นนี้ในทุกๆช่องสัญญาณของทุกเซลล์ และในการใช้งานกับระบบจริง จะมีการตรวจวัดสัญญาณแทรกสอดจากทุกเซลล์รอบข้างในเวลาเดียวกัน แต่ในแบบจำลองนี้จะตรวจวัดสัญญาณแทรกสอดจากเซลล์รอบข้างทีละเซลล์ จนครบทั้งหมด ดังแสดงการทำงานในรูปที่ 3.8

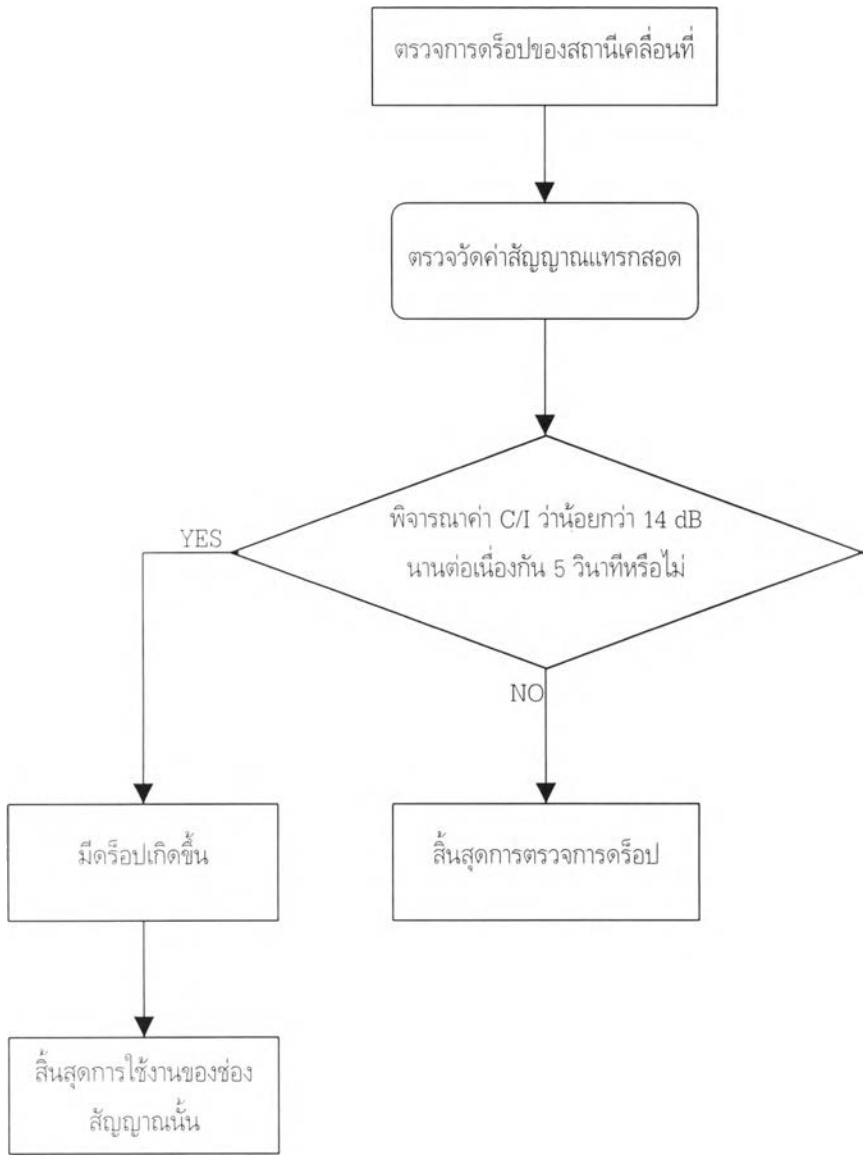


รูปที่ 3.8 แบบจำลองการตรวจวัดสัญญาณแทรกสอด

3.8 แบบจำลองการดร็อปของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

การเกิดดร็อปของช่องสัญญาณโดยปกติจะเกิดขึ้นได้จาก 2 สาเหตุหลักคือระดับสัญญาณของคลื่นพาห์มีค่าต่ำเกินกว่าที่จะสื่อสารกันได้ ซึ่งอาจจะเกิดจาก การที่โทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่ห่างจากสถานีฐานมากเกินไป และอีกสาเหตุของการเกิดดร็อปคือการที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ไม่สามารถส่งข้อมูลที่สำคัญกับสถานีฐานได้ ซึ่งอาจเกิดจากมีระดับสัญญาณแทรกสอดที่มากเกินไป หรือปัจจัยอื่น ซึ่งเราไม่สามารถบอกได้แน่นอนว่าระดับของการแทรกสอดเท่าใดที่จะทำให้เกิดการดร็อปขึ้น เพียงแต่เราสามารถบอกได้ว่าถ้ามีสัญญาณแทรกสอดมาก โอกาสในการเกิดดร็อปก็จะมีมากด้วย ซึ่งแบบจำลองการดร็อปที่ใช้ในการจำลองนี้ จะคิดผลของการดร็อปอันเนื่องมาจาค่าสัญญาณแทรกสอดเท่านั้น จะทำการตัดสินว่าจะเกิดการดร็อปหรือไม่ โดยอาศัยการตรวจวัดค่าสัญญาณคลื่นพาห์ต่อสัญญาณแทรกสอด(C/I) ของช่องสัญญาณที่ใช้งานว่ามีค่าต่ำกว่าที่กำหนด (ซึ่งจะคิดว่าไม่สามารถรับส่งข้อมูลที่สำคัญกับสถานีฐานได้) นานต่อเนื่องเป็นเวลาประมาณ 5 วินาที ก็จะเกิดการดร็อปขึ้น เนื่องจากการที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ไม่สามารถรับส่งข้อมูลที่สำคัญกับสถานีฐานได้ อาจจะเกิดจากปัจจัยหลายอย่าง โดยในที่นี้ เราจะคิดว่าเกิดจากการที่มีการแทรกสอดที่รุนแรง ซึ่งปกติแล้วค่าสัญญาณคลื่นพาห์ต่อสัญญาณแทรกสอด ที่ระดับมาตรฐานจะอยู่ที่ 18 dB ดังนั้นเราจะถือว่าค่าสัญญาณคลื่นพาห์ต่อสัญญาณแทรกสอดที่ 14dB (ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดขึ้นมาเอง ให้มีค่าที่ต่ำเพื่อให้มีโอกาสที่จะเกิดการดร็อปขึ้นได้) มีการแทรกสอดที่รุนแรงจนไม่สามารถรับส่งข้อมูลที่สำคัญกันได้ ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เกิดดร็อปได้

ในแบบจำลองส่วนนี้จะมีการทำงานดังนี้ คือหลังจากที่มาตรวจวัดค่าสัญญาณแทรกสอดแล้ว ก็จะมีการคำนวณค่าสัญญาณคลื่นพาห์ต่อสัญญาณแทรกสอด ที่เวลานั้นว่ามีค่าต่ำกว่าที่กำหนดหรือไม่ ถ้าไม่ต่ำกว่า ก็จะไม่มีการดร็อป การใช้ช่องสัญญาณก็จะมีต่อไป แต่ถ้าค่าที่ได้ต่ำกว่าที่กำหนดก็จะเริ่มทำการตรวจนับเวลาว่า นานต่อเนื่องกัน 5 วินาทีหรือยัง ถ้าถึงแล้วก็จะมีการดร็อปเกิดขึ้น การใช้ช่องสัญญาณนั้นก็จะยุติลง ช่องสัญญาณนั้นก็จะว่างเพื่อรอใช้งานต่อไป ซึ่งจะแสดงแบบจำลองดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แบบจำลองการดร็อป

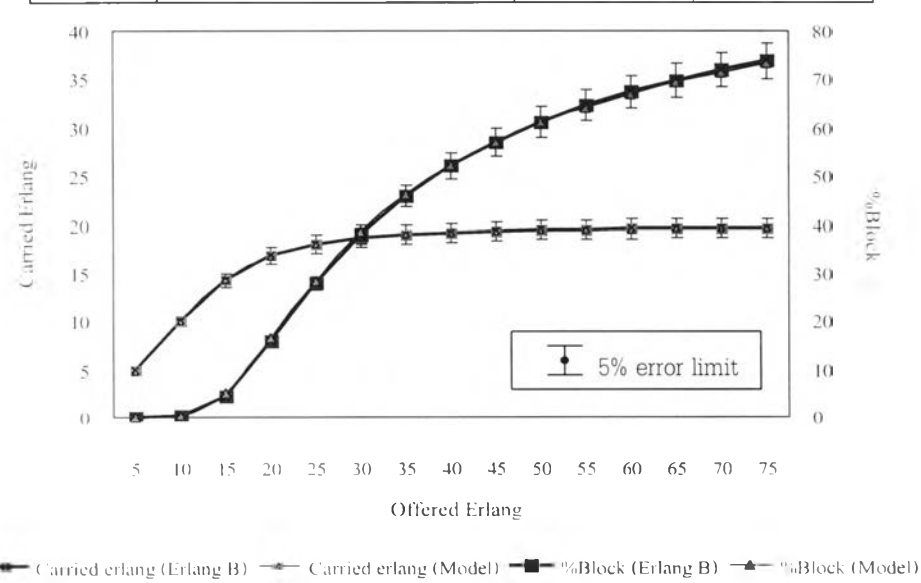
3.9 เปรียบเทียบผลการจำลองแบบ

3.9.1 เปรียบเทียบค่าจากการจำลองแบบกับค่าจากตาราง Erlang B

โดยจะเปรียบเทียบค่าทราฟฟิกที่ให้บริการกับอัตราการบล็อก จากผลการจำลองแบบกับค่าจากตาราง Erlang B ที่ใช้งานจริง โดยจะทำการเปรียบเทียบในกรณีที่เซลล์มีจำนวนช่องสัญญาณเป็น 20 และ 40 ช่องสัญญาณ และทราฟฟิกขอบริการค่าต่างๆตั้งแต่ 5-75 เออร์แลง แล้วดูผลอัตราการบล็อกและค่า ทราฟฟิกที่ให้บริการ เปรียบเทียบกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และ 3.3 และในรูปที่ 3.10 และ 3.11 ตามลำดับ โดยจะมีเส้นแสดงขอบเขตความผิดพลาดที่ 5% ประกอบด้วย

ตารางที่ 3.2 ผลการเปรียบเทียบในกรณีที่เซลล์มีจำนวนช่องสัญญาณ 20 ช่องสัญญาณ

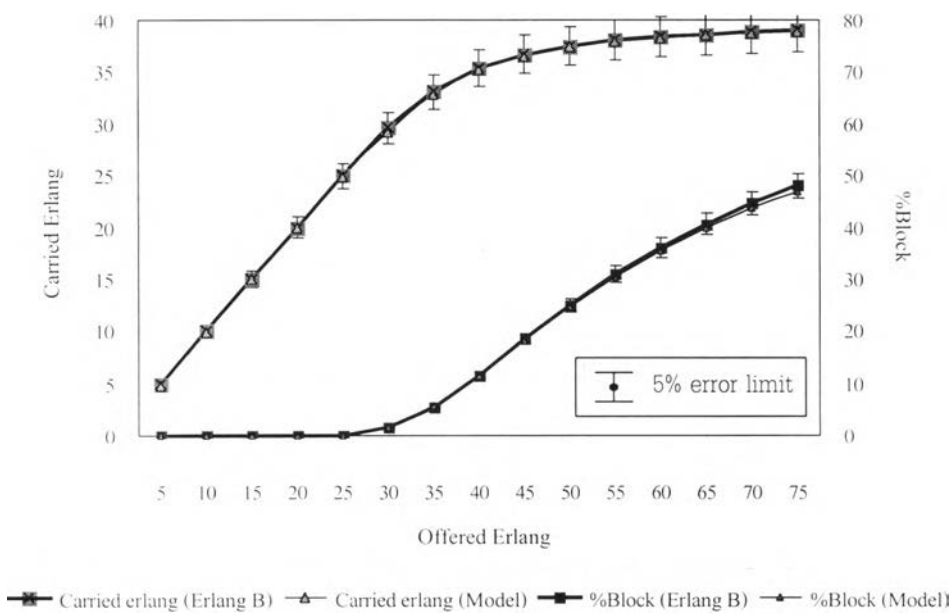
ทราฟฟิกที่ให้บริการ (เออร์แลง)	ค่าจากตาราง Erlang B		ค่าจากการจำลองแบบ	
	ทราฟฟิกที่ให้บริการ (เออร์แลง)	อัตราการบล็อก (%)	ทราฟฟิกที่ให้บริการ (เออร์แลง)	อัตราการบล็อก (%)
5	5.00	0.00	4.79	0.00
10	9.98	0.19	9.97	0.22
15	14.32	4.56	14.28	5.00
20	16.82	15.89	16.79	16.56
25	18.00	27.99	17.98	28.51
30	18.60	38.01	18.57	38.59
35	18.94	45.90	18.90	46.15
40	19.15	52.13	19.13	52.16
45	19.29	57.13	19.26	57.07
50	19.40	61.21	19.38	61.12
55	19.47	64.59	19.46	64.19
60	19.53	67.44	19.51	67.03
65	19.58	69.88	19.57	69.41
70	19.62	71.97	19.60	71.44
75	19.65	73.80	19.64	73.18



รูปที่ 3.10 ผลการเปรียบเทียบในกรณีที่เซลล์มีจำนวนช่องสัญญาณ 20 ช่องสัญญาณ

ตารางที่ 3.3 ผลการเปรียบเทียบในกรณีที่เซลล์มีจำนวนช่องสัญญาณ 40 ช่องสัญญาณ

	ค่าจากตาราง Erlang B		ค่าจากการจำลองแบบ	
	ทราฟฟิกที่ให้บริการ (เออร์แลง)	อัตราการบล็อก (%)	ทราฟฟิกที่ให้บริการ (เออร์แลง)	อัตราการบล็อก (%
5	5.00	0.00	4.84	0.00
10	10.00	0.00	9.92	0.00
15	15.00	0.00	14.97	0.00
20	20.00	0.00	19.93	0.00
25	24.96	0.14	24.82	0.15
30	29.57	1.44	29.23	1.53
35	33.10	5.42	32.88	5.63
40	35.35	11.62	35.29	11.59
45	36.69	18.46	36.56	18.19
50	37.51	24.98	37.38	24.60
55	38.03	30.85	37.96	30.16
60	38.39	36.02	38.30	35.35
65	38.64	40.55	38.58	39.76
70	38.83	44.53	38.76	43.57
75	38.97	48.04	38.93	46.94



รูปที่ 3.11 ผลการเปรียบเทียบในกรณีที่เซลล์มีจำนวนช่องสัญญาณ 40 ช่องสัญญาณ

จากตารางที่ 3.2 และ 3.3 ค่าอัตราการบล็อกและค่าทราฟฟิกที่ให้บริการ ที่ได้จากผลการจำลองแบบกับค่าจากตาราง Erlang B จะใกล้เคียงกันมาก ทั้งที่จำนวนช่องสัญญาณ 20 และ 40 ช่องสัญญาณ และจากรูปที่ 3.9 และ 3.10 จะเห็นว่าเส้นกราฟของค่าที่ได้จากตาราง Erlang B และจากแบบจำลอง จะใกล้เคียงกันมากเกือบจะซ้อนกัน โดยมีค่าความผิดพลาดของผลจากแบบจำลองที่น้อยกว่า 5% ดังเห็นได้จากขอบเขตความผิดพลาดในรูปกราฟ ดังนั้นจึงสามารถยอมรับแบบจำลองนี้ในการใช้งานได้

3.9.2 เปรียบเทียบรูปแบบการเปลี่ยนความถี่ ของวิธีการกำหนดความถี่แบบเปลี่ยนแปลงได้

จะทำการเปรียบเทียบผลการจำลองแบบ การกำหนดความถี่แบบเปลี่ยนแปลงได้ แบบเรียงลำดับ และแบบสุ่ม ดังกล่าวไว้ในหัวข้อ 3.6.1 และ 3.6.2 ตามลำดับ ซึ่งจะทำในกรณีที่ เซลล์มีจำนวนช่องสัญญาณ 20 ช่องสัญญาณ รัศมีของแต่ละเซลล์ซ้อนกัน 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปลี่ยนค่าทราฟฟิกขอบริการไปตั้งแต่ 10-60 เออร์แลง โดยจะเปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ยสัญญาณแทรกสอดและค่า C/I ที่มากกว่า 18 dB ในเซลล์ที่ 1 และเซลล์ที่ 2-19 ที่ได้จากทั้ง 2 รูปแบบคือแบบเรียงลำดับและแบบสุ่ม ดังแสดงผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 3.4 และ 3.5 และในรูปที่ 3.12 และ 3.13 ตามลำดับ

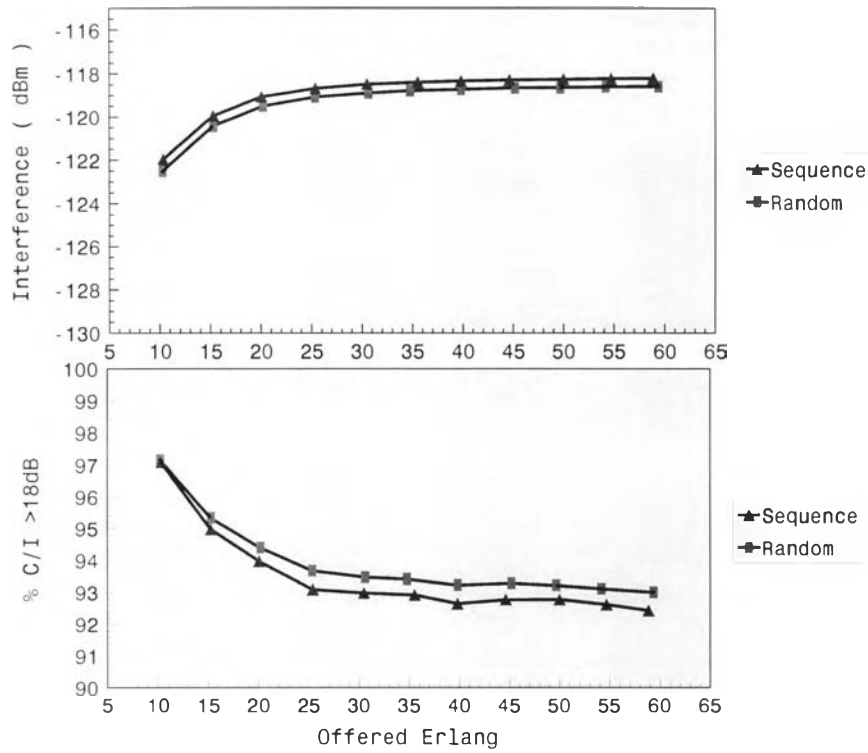
ตารางที่ 3.4 การเปรียบเทียบผลของรูปแบบการเปลี่ยนความถี่ ที่ได้ในเซลล์ที่ 1

เปลี่ยนความถี่แบบเรียงลำดับ (Sequence)			เปลี่ยนความถี่แบบสุ่ม (Random)		
Offered Erlang	Interference (dBm	% C/I>18dB	Offered Erlang	Interference (dBm	% C/I>18dB
10.33	-121.96	97.08	10.24	-122.52	97.15
15.28	-119.94	94.96	15.25	-120.42	95.33
20.06	-119.06	93.97	20.19	-119.49	94.39
25.38	-118.67	93.09	25.35	-119.08	93.67
30.49	-118.48	92.98	30.61	-118.89	93.47
35.56	-118.39	92.91	34.77	-118.78	93.41
39.83	-118.33	92.64	39.82	-118.71	93.22
44.62	-118.28	92.77	45.17	-118.65	93.28
50.00	-118.25	92.77	49.67	-118.63	93.21
54.69	-118.23	92.61	54.15	-118.59	93.11
58.84	-118.21	92.43	59.35	-118.59	93.00

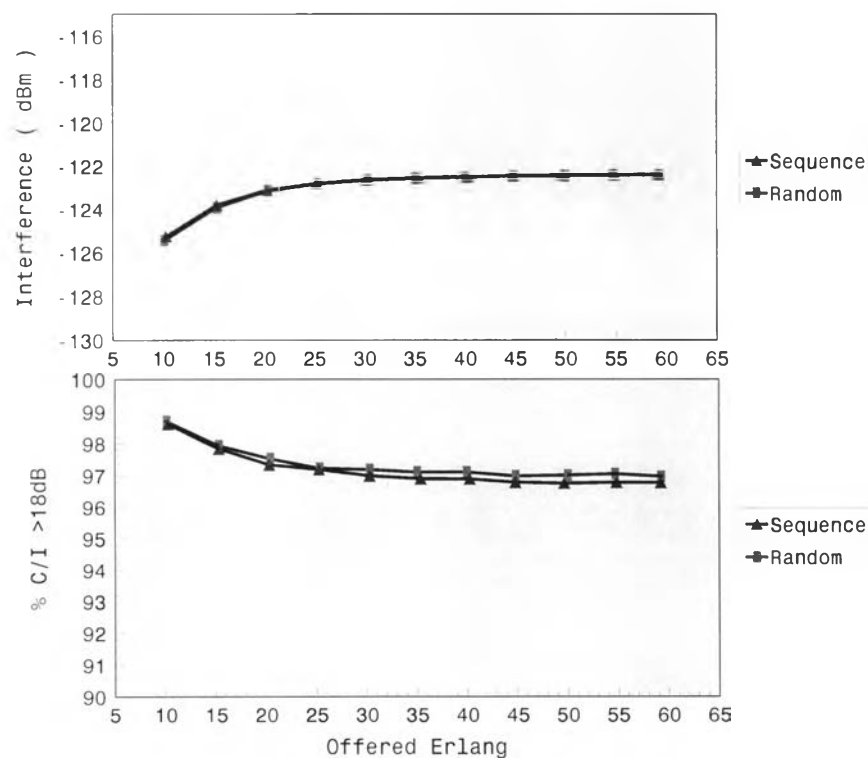
ตารางที่ 3.5 การเปรียบเทียบผลของรูปแบบการเปลี่ยนความถี่ ที่ได้ในเซลล์ที่ 2-19

เปลี่ยนความถี่แบบเรียงลำดับ (Sequence)			เปลี่ยนความถี่แบบสุ่ม (Random)		
Offered Erlang	Interference (dBm	% C/I>18dB	Offered Erlang	Interference (dBm	% C/I>18dB
10.27	-125.27	98.61	10.13	-125.45	98.69
15.31	-123.81	97.83	15.29	-123.93	97.93
20.30	-123.10	97.33	20.40	-123.15	97.52
25.25	-122.79	97.18	25.32	-122.82	97.22
30.26	-122.63	96.99	30.28	-122.66	97.18
35.36	-122.54	96.90	35.01	-122.57	97.10
40.25	-122.50	96.89	39.96	-122.52	97.10
44.80	-122.45	96.79	44.80	-122.47	96.98
49.65	-122.42	96.76	50.01	-122.45	97.01
54.85	-122.41	96.79	54.73	-122.42	97.05
59.23	-122.39	96.78	59.26	-122.41	96.97

T 1ac c2 c a a



รูปที่ 3.12 การเปรียบเทียบผลของรูปแบบการเปลี่ยนความถี่ ที่ได้จากเซลล์ที่ 1



รูปที่ 3.13 การเปรียบเทียบผลของรูปแบบการเปลี่ยนความถี่ ที่ได้จากเซลล์ที่ 2-19

จากผลการจำลองแบบ จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยสัญญาณแทรกสอดและค่าเปอร์เซ็นต์ C/I ที่มากกว่า 18 dB ที่ได้จากในรูปแบบการเปลี่ยนความถี่แบบเรียงลำดับ จะใกล้เคียงกับในรูปแบบการเปลี่ยนความถี่แบบสุ่ม โดยที่ในรูปแบบการเปลี่ยนความถี่แบบสุ่มจะให้ค่าที่ดีกว่าเล็กน้อย ซึ่งไม่ถึง 0.6 dB สำหรับค่าสัญญาณแทรกสอดและไม่ถึง 0.6 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่าเปอร์เซ็นต์ C/I ที่มากกว่า 18 dB ฉะนั้นการจำลองแบบในการวิจัยนี้ จะใช้รูปแบบการเปลี่ยนความถี่แบบเรียงลำดับ ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายกว่า และให้ผลที่ใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการเปลี่ยนความถี่แบบสุ่ม