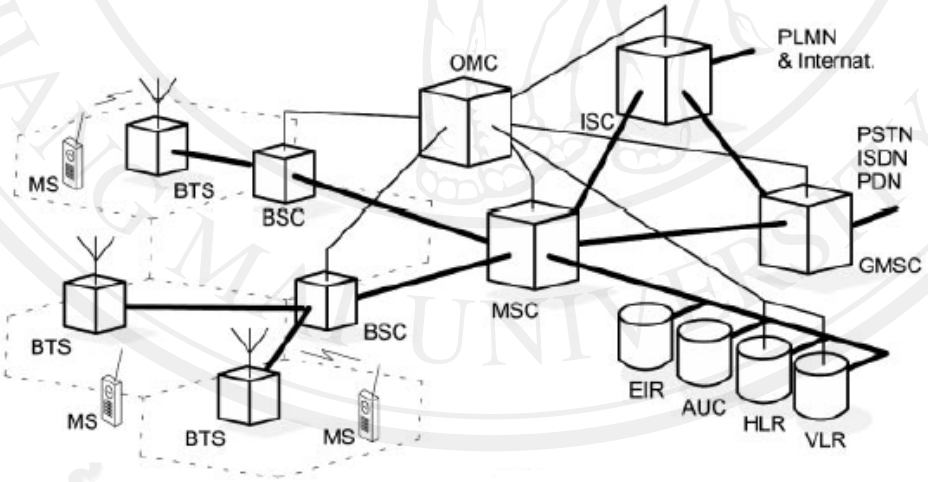
บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในขั้นตอนการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมจัดสรรความถี่ของช่องสัญญาณเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบจีเอสเอ็มโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม มีงานวิจัย แนวคิด และทฤษฎีต่างๆที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 องค์ประกอบของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบจีเอสเอ็ม

Jorg Eberspacher and Hans-Jorg Vogel (2001) จีเอสเอ็ม (GSM : Global System for Mobile Communications) เป็นระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์แบบดิจิตอล มีองค์ประกอบดังนี้



รูป 2.1 แสดงองค์ประกอบของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบจีเอสเอ็ม

โดยในรูป 2.1 ประกอบด้วย

2.1.1 โทรศัพท์เคลื่อนที่ (MS : Mobile Station)

อุปกรณ์โทรศัพท์ที่ใช้กับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำหน้าที่แปลสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณดิจิตอล ก่อนเชื่อมต่อกับระบบสถานีฐานประกอบด้วย Subscriber Identity Module (SIM) มีหน้าที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เก็บหมายเลข International Mobile Subscriber Identity (IMSI) หมายเลขนี้จะผูกติดกับหมายเลขโทรศัพท์ของเจ้าของโดยมีตารางเทียบอยู่ในฐานข้อมูลหลักของผู้ใช้บริการ และยังเก็บข้อมูลสำคัญของผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ เช่น ย่านความถี่ใช้งาน ภาษาที่ใช้ รหัสที่ใช้ในการปลอมแปลง SIM Card

2.1.2 สถานีฐาน (BTS : Base Transceiver Station)

เป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับชุมสายทำการติดต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านช่องสัญญาณความถี่ โดยจะทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ เช่น เข้ารหัสป้องกันการดักฟังเข้ากับสัญญาณที่ส่งมาจาก ส่วนควบคุมสถานีฐาน

2.1.3 ส่วนควบคุมสถานีฐาน (BSC : Base Station Controller)

ชุมสายหนึ่งที่ทำหน้าที่ควบคุมเกี่ยวกับคลื่นวิทยุในระบบ เช่น ควบคุมการ Handover จัดการเกี่ยวกับช่องสัญญาณ เก็บรวมค่าสถิติของจำนวนการใช้งาน เก็บข้อมูลเกี่ยวกับเซลไซต์ และควบคุมกำลังส่งสัญญาณของสถานีฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยค่าสถิติที่มีการวัดของส่วนควบคุมสถานีฐานจะถูกจัดเก็บในฮาร์ดดิสก์ของศูนย์ควบคุมระบบโครงข่าย ตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้ในแต่ละส่วนควบคุมสถานีฐาน

2.1.4 ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MSC : Mobile Switching Center)

ชุมสายของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ทำหน้าที่

- เชื่อมต่อคู่สนทนาที่ต้องการติดต่อกัน
- ควบคุมกระบวนการ Call set up
- ควบคุมการ Hand over ข้าม BSC และข้ามชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่
- จัดการบริการเสริมพิเศษ
- รวบรวมข้อมูลสำหรับคิดค่าบริการ

2.1.5 ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (GMSC : Gateway MSC)

ชุมสายของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ทำหน้าที่

- ควบคุมวงจรเชื่อมต่อไปยังชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ อื่นๆ
- ควบคุมวงจรเชื่อมต่อไปยังระบบโทรศัพท์พื้นฐาน PSTN PDN ISDN
- เชื่อมต่อกับเครือข่ายต่างประเทศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.6 ฐานข้อมูลหลักของผู้ใช้บริการ (HLR : Home Location Register)

เป็นฐานข้อมูลที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้บริการ เช่น สถานะของเครื่องโทรศัพท์ การเปิด-ปิด การใช้งานโทรออก การรับสายเข้า บริเวณพื้นที่การใช้งานของเครื่องโทรศัพท์ครั้งหลังสุด และรวมไปถึงประเภทของบริการเสริมที่ผู้ใช้ต้องการ ในช่วงเวลาที่ผู้ใช้โทรศัพท์เริ่มการใช้งานเพื่อการติดต่อสื่อสารข้อมูลที่บรรจุอยู่ในแผ่น SIM บางส่วนจะถูกส่งผ่านจากเครื่องโทรศัพท์ไปยังฐานข้อมูลหลักของผู้ใช้บริการ เพื่อใช้ระบุถึงหมายเลขประจำตัวของผู้ใช้และเพื่อตรวจสอบว่าผู้ใช้บริการดังกล่าวมีสิทธิ หรือได้รับอนุญาตให้ใช้บริการหรือไม่ โดยที่ฐานข้อมูลหลักของผู้ใช้บริการจะเก็บรหัสลับของผู้ใช้บริการแต่ละคน

2.1.7 ฐานข้อมูลผู้ใช้บริการท้องถิ่น (VLR : Visited Location Register)

เป็นฐานข้อมูลที่อยู่คู่กับชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ หนึ่งชุดหรือกลุ่มของชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่จำนวนหนึ่ง มีหน้าที่เก็บข้อมูลชั่วคราวของผู้ใช้บริการในขณะที่มีการใช้งานอยู่ เช่น เก็บตำแหน่ง หรือบริเวณที่เครื่องโทรศัพท์ใช้งานอยู่ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เนื่องจากในปัจจุบันผู้ใช้งานสามารถนำโทรศัพท์เคลื่อนที่พกพาติดตัวไปใช้งานในพื้นที่อื่น เช่น ในประเทศอื่นได้ ดังนั้นจึงเป็นประโยชน์ที่ทางชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำสำเนาฐานข้อมูลของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่จากต่างถิ่นไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลผู้ใช้บริการท้องถิ่นของตนชั่วคราว ในระหว่างที่รองรับการใช้งานของเครื่องโทรศัพท์ดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อลดปริมาณการร้องขอข้อมูลจากฐานข้อมูลหลักของผู้ใช้บริการที่ เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นได้ลงทะเบียนเป็นสมาชิกไว้

2.1.8 ศูนย์ตรวจสอบการใช้งาน (AUC : Authentication Center)

เป็นฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลที่เป็นความลับ เช่น รหัสลับของสมาชิกแต่ละคน ดังนั้นฐานข้อมูลประเภทนี้จึงมักจะจัดให้อยู่ในสถานที่ปลอดภัย และจะอนุญาตให้เข้าได้เฉพาะบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องดูแล และรับผิดชอบกับระบบเท่านั้น การจะเข้าถึงข้อมูลเหล่านี้ได้ก็จะต้องมีการใส่รหัสลับ นอกจากนี้ข้อมูลที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลยังต้องมีการเข้ารหัสอีกชั้นหนึ่ง ศูนย์ตรวจสอบการใช้งานจะติดต่อกับส่วนของฐานข้อมูลหลักของผู้ใช้บริการเท่านั้น

2.1.9 หน่วยเก็บข้อมูลเลขหมายประจำเครื่อง (EIR : Equipment Identity Register)

เป็นฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อป้องกันไม่ให้โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ไม่ลงทะเบียน หรือได้มาอย่างไม่ถูกต้องตามกฎหมายเข้ามาใช้งานในระบบได้ การติดตั้งหน่วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เก็บข้อมูลเลขหมายประจำเครื่องส่วนใหญ่จะอยู่รวมกับศูนย์ตรวจสอบการใช้งาน

2.1.10 ศูนย์ควบคุมระบบโครงข่าย (OMC : Operation and Maintenance Center)

มีหน้าที่ในการควบคุมและรายงานสถานะของอุปกรณ์ต่างๆในระบบ เช่น ตรวจเช็คว่ามีความผิดพลาดอะไรที่เกิดขึ้น

2.2 การเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ในเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบจีเอสเอ็ม

จากหลักการนำเอาช่องสัญญาณความถี่กลับมาใช้ใหม่ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้สเปคตรัมความถี่ที่มีอยู่อย่างจำกัด สิ่งที่จะเกิดขึ้นจากผลของเทคนิคนี้คือ มีการรบกวนของสัญญาณจากช่องสัญญาณอื่นๆ แทรกเข้ามาซึ่งเกิดจากการรบกวนของสัญญาณจากเซลไซต์อื่นๆ ที่มีการใช้ช่องสัญญาณความถี่เดียวกัน ซึ่งการรบกวนของสัญญาณเช่นนี้ เรียกว่า การอินเทอร์เฟอร์เร้นท์จากช่องสัญญาณที่เหมือนกัน (Co-Channel Interference) การรบกวนของสัญญาณอีกส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้นจากช่องสัญญาณที่อยู่ติดกัน การรบกวนของสัญญาณนี้เรียกว่า การอินเทอร์เฟอร์เร้นท์จากช่องสัญญาณข้างเคียง (Adjacent-Channel Interference) ดังนั้นในการออก แบบระบบจึงต้องคำนึงถึงปัญหาของการเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์นี้ด้วย

2.2.1 การอินเทอร์เฟอร์เร้นท์จากช่องสัญญาณที่เหมือนกัน

การอินเทอร์เฟอร์เร้นท์จากช่องสัญญาณที่เหมือนกันเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้โครงสร้างแบบเซลลูลาร์ เพราะว่าช่องสัญญาณที่เหมือนกันจะถูกใช้ในเซลไซต์อื่นๆ ที่อยู่ห่างออกไป ดังนั้นค่าการเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์แบบนี้จะขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างเซลไซต์ที่ใช้ความถี่เดียวกัน ซึ่งถ้าเซลไซต์ที่ใช้ความถี่เดียวกันมีระยะห่างที่น้อย ค่าการเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์จะมีค่าสูงขึ้น และในทางกลับกันถ้าเซลไซต์ที่ใช้ความถี่เดียวกันมีระยะห่างที่มาก ค่าการเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์จะมีค่าต่ำลง จึงต้องพยายามหาระยะห่างของเซลไซต์ที่ใช้ความถี่เดียวกันที่น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ในค่าที่ยอมรับได้

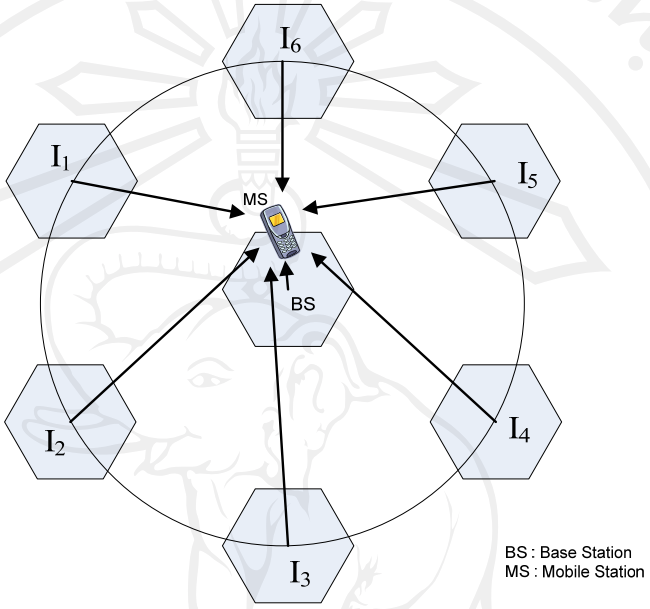
ลักษณะของการเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์สามารถพิจารณาได้ 2 ลักษณะคือ

1) กรณีการเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่

สามารถแสดงได้ดังรูป 2.2 ค่าการเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ในแต่ละช่องสัญญาณที่ใช้ความถี่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เดียวกัน ซึ่งเกิดจากการส่งสัญญาณจากสถานีอื่นๆ ที่ใช้กลุ่มช่องสัญญาณเดียวกัน กลุ่มที่จะทำให้เกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์จะมีจาก 6 เซลไซต์ คือ ($I_1,I_2,I_3,\ldots,I_6$)

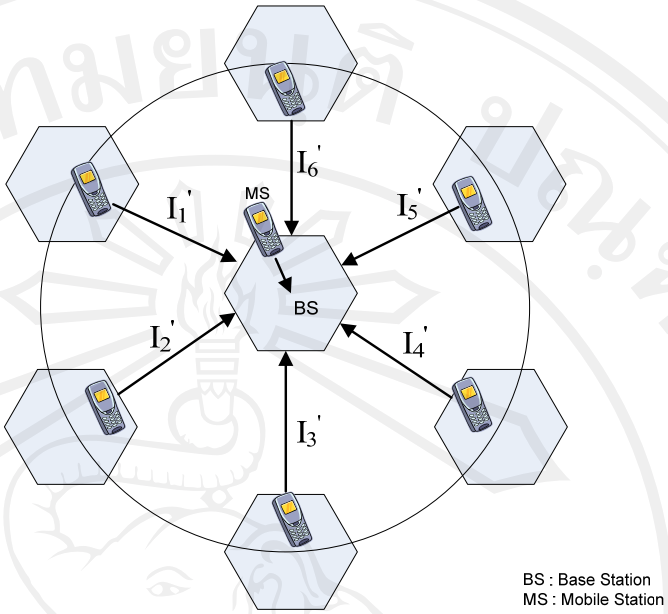


รูป 2.2 การเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ของช่องสัญญาณเดียวกันที่เกิดขึ้นบนเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่

2) กรณีการเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ที่สถานีฐาน

แสดงได้ดังรูป 2.3 เป็นการเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์จากสัญญาณที่ส่งจากโทรศัพท์เคลื่อนที่จากเซลไซต์ที่ใช้ความถี่เดียวกันมาปรากฏที่เครื่องรับของสถานีฐานที่ต้องการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.3 การเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ของช่องสัญญาณเดียวกันที่เกิดขึ้นบนสถานีฐาน

2.2.2 การอินเทอร์เฟอร์เร้นท์จากช่องสัญญาณข้างเคียง

การอินเทอร์เฟอร์เร้นท์จากช่องสัญญาณข้างเคียงนี้ จะเป็นการรบกวนของช่องสัญญาณที่อยู่ติดกับช่องสัญญาณที่ใช้อยู่ในขณะนั้น ซึ่งมีสาเหตุมาจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ เช่น ความเสถียรภาพของวงจรปรับความถี่ แบนด์วิดธ์ของเครื่องรับ วงจรฟิลเตอร์ ซึ่งการเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์แบบนี้สามารถแก้ไขได้โดยการปรับปรุงคุณภาพของอุปกรณ์และการจัดช่องสัญญาณ เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้ช่องสัญญาณในเซลไซต์เดียวกันมีความถี่ของช่องสัญญาณที่ติดกัน ซึ่งจะช่วยลดการเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์จากช่องสัญญาณข้างเคียงได้ การเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์จากช่องสัญญาณข้างเคียงนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ

1) การเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ภายในเซลไซต์เดียวกัน

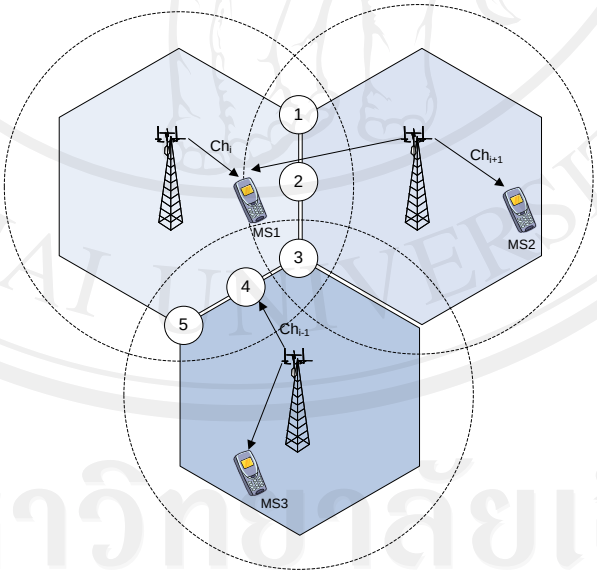
ถ้ามีการใช้ช่องสัญญาณที่ติดกันในเซลไซต์เดียวกัน จะต้องพิจารณาถึงตำแหน่งของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่อยู่ใกล้สถานีฐานจะมีการส่งสัญญาณที่แรงน้อยกว่าเครื่องโทรศัพท์ที่มีระยะห่างจากสถานีฐาน โดยที่มีการใช้ช่องสัญญาณที่มีความถี่ใกล้กัน ซึ่งการเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ลักษณะนี้สามารถแก้ไขได้โดยการจัดช่องสัญญาณ ไม่ให้มีช่องสัญญาณติดกันภายในเซลไซต์เดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2) การเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ระหว่างเซลไซต์

ถ้าช่องสัญญาณที่ติดกันไม่ถูกใช้ในเซลไซต์เดียวกัน แต่จะยังคงมีใช้อยู่บริเวณขอบของเซลไซต์ปกติแล้ว การออกแบบระบบจะต้องให้มีการเหลื่อมล้ำกันเล็กน้อยเพื่อใช้ในการใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ข้ามระหว่างเซลไซต์ ดังนั้นเมื่ออยู่บริเวณขอบของเซลไซต์ก็จะสามารถที่จะรับสัญญาณจากอีกเซลไซต์ได้เช่นกัน จึงทำให้บริเวณที่ขอบของเซลไซต์จะมีค่าการเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์สูงสุด ซึ่งสามารถพิจารณาการเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ได้ 2 ส่วนคือ

- การเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ดังในรูป 2.4 เมื่อเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ใช้ช่องสัญญาณ Ch_i และอยู่ในบริเวณขอบของเซลไซต์ อาจจะมีการเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์จากช่องสัญญาณ Ch_{i+1} หรือ Ch_{i-1} ที่อยู่ในเซลไซต์ที่ติดกันได้ โดยในจุดที่ 2 และ 4 จะทำให้เกิดการอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ขึ้นเพียงช่องสัญญาณเดียว (จุดที่ 2 จะเกิดกับ Ch_{i+1} และจุดที่ 4 จะเกิดกับ Ch_{i-1}) แต่ในจุดที่ 1 3 และ 5 จะเป็นจุดที่เกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ขึ้นกับ 2 ช่องสัญญาณ เช่น จุดที่ 3 จะทำให้เกิดการอินเทอร์เฟอร์เร้นท์กับช่องสัญญาณ Ch_{i+1} และ Ch_{i-1} พร้อมกันเป็นต้น

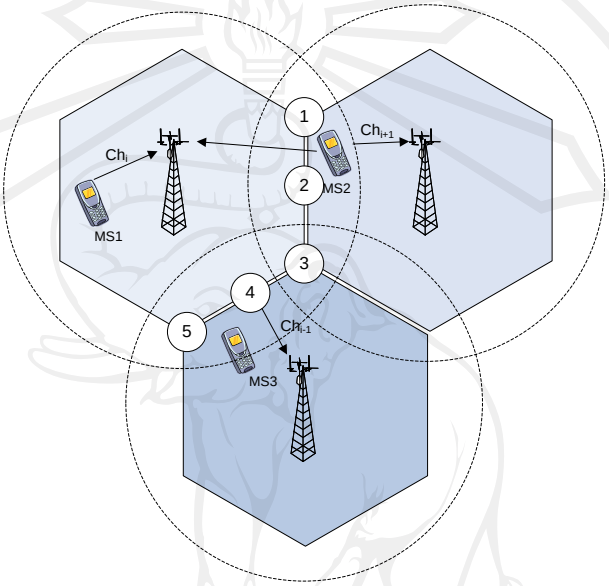


รูป 2.4 การเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่

- การเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ที่สถานีฐาน ดังในรูป 2.5 ลักษณะการเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ที่สถานีฐานจะคล้ายคลึงกับการเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ แต่จะเกิดเนื่องจากสถานีฐานสามารถรับสัญญาณจากช่องสัญญาณ Ch_i เป็นช่องสัญญาณที่อยู่ในเซล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไซต์ที่ต้องการ และสามารถรับสัญญาณจากช่องสัญญาณ Ch_{i+1} และ Ch_{i-1} ได้ เป็นช่องสัญญาณที่อยู่ในเซลไซต์ข้างเคียง ซึ่งทำให้เกิดการอินเทอร์เฟอร์เร้นท์จากช่องสัญญาณข้างเคียงขึ้น



รูป 2.5 การเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์ที่สถานีฐาน

2.3 การจัดสรรช่องสัญญาณในเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

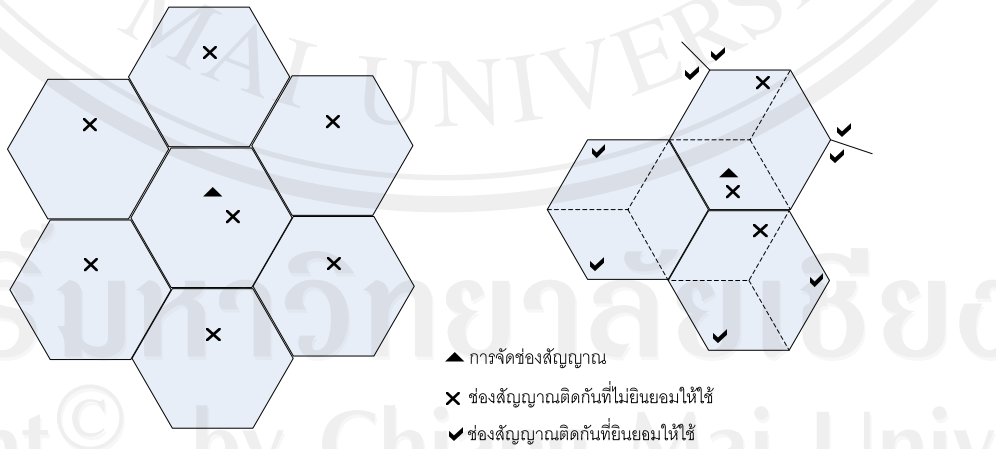
การจัดสรรช่องสัญญาณที่ใช้แต่ละเซลไซต์จะเป็นการจัดสรรจากช่องสัญญาณที่มีอยู่ในระบบให้มีความเหมาะสมกับปริมาณทราฟฟิคการใช้งานในเซลไซต์นั้น การจัดสรรช่อง สัญญาณให้กับเซลไซต์ในเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบจีเอสเอ็มมีการจัดแบ่งช่องสัญญาณ ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

GSM 900		GSM 1800	
• Uplink:	890 - 915 MHz	• Uplink:	1710 - 1785 MHz
• Downlink:	935 - 960 MHz	• Downlink:	1805 - 1880 MHz
• Carrier Pairs (in MHz)		• Carrier Pairs (in MHz)	
890.0	935.0	1710.0	1805.0
890.2	935.2	1710.2	1805.2
....	....	....	....

2.3.1 การจัดสรรช่องสัญญาณที่อยู่ติดกัน

การจัดสรรช่องสัญญาณที่อยู่ชิดติดกันจะประกอบด้วยการจัดสรรช่องสัญญาณที่ติดกันและการจัดสรรช่องสัญญาณถัดไป การเกิดอินเทอร์เฟอร์เร้นท์แบบ Near end far end จะเกิดขึ้นในการจัดสรรช่องสัญญาณที่ติดกัน ดังนั้นภายในเซลไซต์ต้องจัดสรรช่องสัญญาณในเซลไซต์แบบรอบทิศทาง และเซลไซต์ที่ใช้สายอากาศแบบมีทิศทางเป็นไปอย่างถูกต้องแต่ถ้าไม่มีช่องสัญญาณถัดไปก็จะจัดสรรช่องสัญญาณที่เหลือให้กับเซลไซต์ที่อยู่พื้นที่รอบนอก ดังรูป 2.6(a) ในเซลไซต์ที่ใช้สายอากาศแบบมีทิศทาง ถ้าช่องสัญญาณหนึ่งถูกจัดให้กับทิศทางหนึ่ง ช่องสัญญาณถัดไปไม่สามารถที่จะจัดให้หันไปทางเดียวกันได้ หรือทิศทางอื่นๆ ในเซลไซต์เดียวกันและช่องสัญญาณถัดไปไม่ควรถูกจัดในเซคเตอร์ใดๆ ของเซลไซต์อื่นที่ใช้ความถี่เดียวกัน ดังในรูป2.6(b)



(a) การจัดช่องสัญญาณในเซลที่มีการจัดสายอากาศแบบรอบทิศทาง (b) การจัดช่องสัญญาณในเซลที่มีการจัดสายอากาศแบบมีทิศทาง

รูป 2.6 การจัดช่องสัญญาณใกล้เคียง

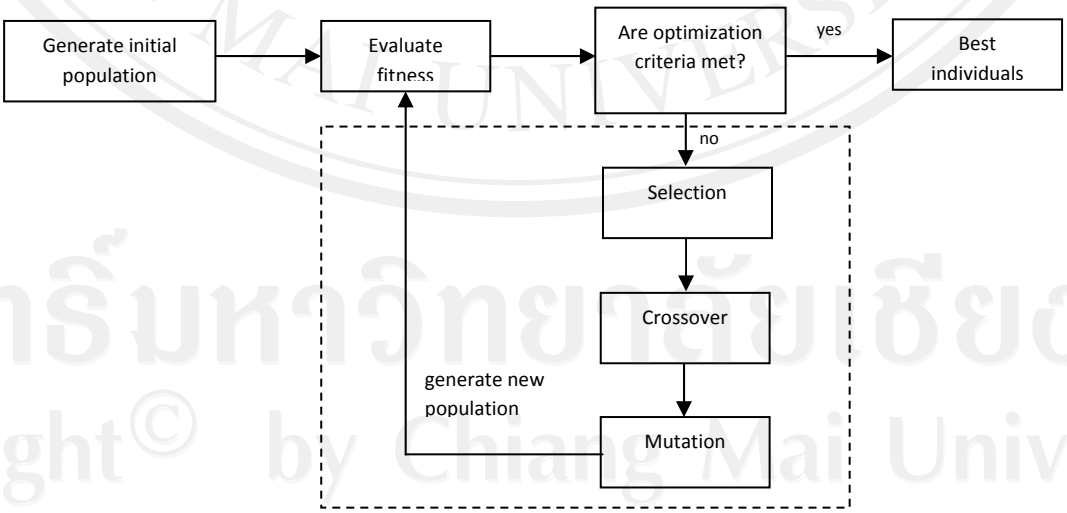
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.2 แนวคิดนำความถี่เดิมกลับมาใช้ใหม่ (Frequency Reuse)

แนวความคิดของเทคนิคการนำความถี่กลับมาใช้งานใหม่ คือการแบ่งแถบความถี่ที่มีอยู่ออกเป็นช่องสัญญาณ คัดเลือกช่องสัญญาณที่แบ่งนั้นออกเป็นกลุ่มความถี่ บรรจุกลุ่มความถี่ลงในแต่ละเซลไซต์โดยกลุ่มความถี่นั้นๆ จะอยู่ในความรับผิดชอบของแต่ละเซลไซต์ ในการจัดว่างเซลไซต์จะให้เซลไซต์ที่อยู่ติดกันไม่ใช้ความถี่เดียวกัน เมื่อเครื่องโทรศัพท์อยู่ในเซลไซต์ใดก็จะเลือกช่องสัญญาณใช้งานจากกลุ่มความถี่ซึ่งเซลไซต์นั้นรับผิดชอบอยู่ ลักษณะเช่นนี้สามารถนำกลุ่มความถี่หนึ่งๆ มาใช้งานซ้ำๆ กันในเซลไซต์ต่างๆ ที่ไม่ประชิดติดกันได้ ซึ่งก็คือการใช้แถบความถี่ที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพได้สูงสุด

2.4 หลักการ และทฤษฎีของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

Hartmut Pohlheim (2002) ทฤษฎีของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เป็นเทคนิคการค้นหาคำตอบตามหลักการของทฤษฎีวิวัฒนาการโดยแทนคำตอบในรูปโครโมโซม (Chromosome) ขั้นตอนวิธีนี้มีฟังก์ชั่นความเหมาะสม (Fitness) ของโครโมโซมกับการ แก้ปัญหา ในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมของขั้นตอนวิธีนี้อาศัยการปรับ ตัวของโครโมโซมให้เข้ากับปัญหา โดยผ่านกระบวนการคือ การคัดเลือก (Selection) การไขว้เปลี่ยน (Crossover) การกลายพันธุ์ (Mutation) และ การนำรุ่นลูกไปแทนรุ่นพ่อแม่



รูป 2.7 โครงสร้างการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูป 2.7 เป็นการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 การสร้างประชากรต้นกำเนิด (Generate Initial Population)

ในการสร้างประชากรต้นกำเนิด ต้องกำหนดการแทนค่าโครโมโซม (Chromosome Representations) โดยการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นสามารถแทนคำตอบของปัญหาด้วยการนำเอาตัวเลขซึ่งอาจจะเป็นแบบตัวเลขไบนารี ตัวเลขชนิดเลขจำนวนเต็ม ตัวเลขจุดทศนิยม หรือตัวอักขระมาวางต่อกันในแบบต่างๆได้ดังนี้ String Tree Array และ List ก็ได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการแก้ปัญหาแต่ละปัญหา

Bit strings	(0101 ... 1100)
Real numbers	(43.2 -33.1 ... 0.0 89.2)
Permutations of element	(E11 E3 E7 ... E1 E15)
Lists of rules	(R1 R2 R3 ... R22 R23)
Program elements	(genetic programming)
... any data structure ...	

เมื่อได้รูปแบบของโครโมโซมแล้ว ก็จะทำการสร้างประชากรต้นกำเนิดซึ่งทำได้โดยการสุ่มสร้างค่าที่เป็นไปได้แต่ละบิทของแต่ละโครโมโซม ตามรูปแบบของการแทนค่าโครโมโซมที่กำหนดไว้

2.4.2 การวิเคราะห์ความเหมาะสม (Fitness Evaluation)

การกำหนดฟังก์ชันความเหมาะสมของแต่ละปัญหา ซึ่งอาจจะเป็นการวัดค่าความเหมาะสมสูงสุด (Maximum) หรือค่าความเหมาะสมต่ำสุด (Minimum) ก็ได้ โดยฟังก์ชันความเหมาะสมของแต่ละปัญหาจะต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาที่ต้องการแก้ไข

การวิเคราะห์ความเหมาะสม คือการนำค่าที่ได้จากการถอดรหัสโครโมโซมไปแทนค่าในฟังก์ชันความเหมาะสมของปัญหา ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นค่าความเหมาะสม ซึ่งค่าที่ได้จะแสดงให้เห็นว่าโครโมโซมมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีเพียงใดเปรียบได้กับความสามารถในการอยู่รอดของโครโมโซม เป็นการกำหนดโอกาสที่โครโมโซมจะถูกเลือก

2.4.3 การคัดเลือก (Selection)

เป็นการคัดเลือกโครโมโซมรุ่นเก่านั้นจะเป็นโครโมโซมต้นแบบ หรือโครโมโซม พ่อกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แม่เพื่อสร้างเป็นโครโมโซมลูกต่อไป การคัดเลือกจะเอาโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมสูงสุด หรืออาจจะเป็นโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมปานกลางและต่ำบางส่วนเข้ามาด้วยเพราะบางกรณีการนำสายพันธุ์ที่มีค่าปานกลางหรือค่าต่ำมาผสมกันสามารถให้สายพันธุ์ที่ดีในรุ่นต่อไปได้

การคัดเลือกมีหลายวิธี วิธีที่ง่ายวิธีหนึ่งคือสร้างจากวงล้อรูลเล็ท (Roulette wheel selection) ที่มีจำนวนช่องเท่ากับจำนวนประชากรสตริง และขนาดของช่องก็เป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม

ความน่าจะเป็นที่โครโมโซม i จะถูกเลือก $P(choice = i)$

$$P(choice = i) = def \frac{fitness(i)}{\sum_{j=1}^{n} fitness(i)}$$

2.4.4 การไขว้เปลี่ยน (Crossover)

การไขว้เปลี่ยนเป็นการแบบสลับยีนกันระหว่างโครโมโซมของพ่อและแม่ ดังนั้นในการสร้างตัวลูกแต่ละตัวจึงต้องการโครโมโซมพ่อแม่อย่างละตัวแล้วจึงทำการสลับยีนกันเพื่อได้ลูกตัวใหม่ขึ้นมาโดยได้รับคุณสมบัติของพ่อแม่มาบางส่วนรวมกันขึ้นเป็นโครโมโซมตัวใหม่ โดยตำแหน่งและจำนวนยีนที่จะทำการสลับนั้นสามารถกำหนดได้แล้วแต่ปัญหา ทำให้ได้การไขว้เปลี่ยนแบบต่างๆ

1) การไขว้เปลี่ยนแบบหนึ่งส่วน (Single-Point Crossover)

เป็นกระบวนการที่เริ่มต้นจากการสุ่มตัวเลขที่ใช้แทนตำแหน่งในการตัดต่อข้อมูลจากผู้ให้กำเนิดมายังรุ่นลูก ซึ่งจุดตัดต่อจะเลือกมาเพียงจุดเดียวเท่านั้น

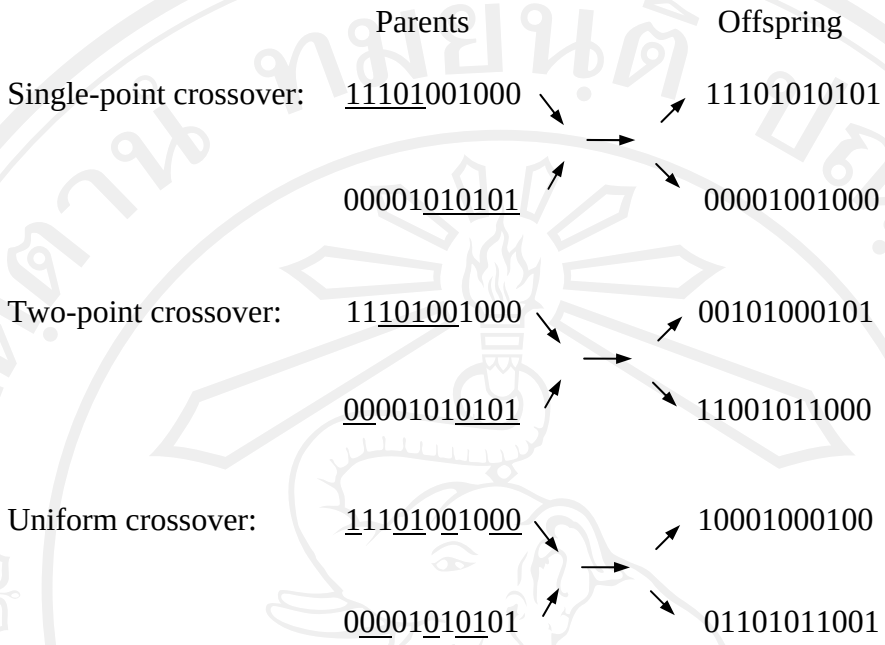
2) การไขว้เปลี่ยนแบบสองส่วน (Two-Point Crossover)

เป็นกระบวนการที่เริ่มต้นจากการสุ่มตัวเลขที่ใช้แทนตำแหน่งในการตัดต่อข้อมูลจากผู้ให้กำเนิดมายังรุ่นลูก ซึ่งจุดตัดต่อจะเลือกมาสองจุด

3) การไขว้เปลี่ยนแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Crossover)

เป็นวิธีการไขว้เปลี่ยนที่ไม่กำหนดจำนวนจุดตัดที่ใช้ตัดต่อผู้ให้กำเนิด การตัดต่อจะกระทำโดยการสุ่มสร้างหน้าต่างที่เรียกว่า Mask ขึ้นมา จากนั้นอาศัยหน้าต่างที่สุ่มขึ้นในการเลือกแต่ละบิตสำหรับรุ่นลูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



2.4.5 การกลายพันธุ์ (Mutation)

การกลายพันธุ์ เป็นขั้นตอนที่อาจช่วยให้โครโมโซมมีค่าความเหมาะสมดีขึ้นหลังจากการไขว้เปลี่ยน โดยการกลับค่าบางส่วนของโครโมโซมเป็นค่าใหม่ในตำแหน่งที่สุ่มได้

Mutation: 11101001000 ⟶ 11101011000

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Nobuo F. (1992) ได้นำเสนองานวิจัยเรื่องปัญหาการกำหนดช่องสัญญาณในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ โดยใช้วิธีข่ายงานประสาทเทียม การกำหนดช่องสัญญาณจะแบ่งจำนวนเซลไซต์ออกเป็น n เซลไซต์ และแบ่งความถี่เป็นจำนวน m ความถี่ จำนวนความถี่ของปัญหาจะอยู่ในช่วงจาก 11 ถึง 533 ความถี่ โดยแบ่งปัญหาออกเป็น 8 กรณี ผลการวิจัยจะทำให้เห็นว่า Compatibility Matrix ซึ่งเป็นเมตริกซ์ที่กำหนดระยะห่างความถี่แต่ละเซลไซต์ และจำนวนของความถี่จะมีผลต่อระยะเวลาในการคำนวณเพื่อให้ได้คำตอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Mats C. and Mats G. (2000) ได้นำเสนองานวิจัยเรื่องการกำหนดความถี่แบบอัตโนมัติสำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ โดยใช้เทคนิค Constraint Satisfaction โดยใช้การให้สีกราฟ (Graph Coloring) กับปัญหาเรื่องการกำหนดความถี่ให้สัมพันธ์กับ ช่องสัญญาณเดียวกัน ช่องสัญญาณข้างเคียง และช่องสัญญาณเซลไซต์เดียวกัน ผลลัพท์ที่ได้จากงานวิจัยจะแสดงให้เห็นว่าคุณภาพของการแก้ปัญหาการกำหนดความถี่ โดยใช้การให้สีกราฟจะมีคุณภาพที่ดีกว่าการแก้ปัญหาโดยมนุษย์ และใช้เวลาในการแก้ปัญหาน้อยกว่า แต่ผลลัพธ์ของการแก้ปัญหายังไม่ดีพอเมื่อเพิ่มความซับซ้อนเข้าไปในอัลกอริทึมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์การแก้ปัญหาที่ดีขึ้น จะทำให้เวลาที่ใช้เพิ่มขึ้นด้วย

Arunabha S. and Tom R. (2002) ได้นำเสนองานวิจัยเรื่องการกำหนดช่องสัญญาณในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ โดยใช้อัลกอริทึมแบบดีที่สุด (Optimal Algorithm) ในงานวิจัยจะทำการสร้างโมเดลของเซลลูลาร์กราฟ ขึ้นมาโดยจะกำหนดระยะห่างของช่องสัญญาณเป็นจำนวน k เพื่อให้การกำหนดช่องสัญญาณไปแล้วไม่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน ผลลัพธ์การวิจัยจะเห็นว่าสามารถลดขนาดของปัญหาสำหรับ Non-Homogeneous Network คือเมื่อลักษณะของเครือข่ายที่แตกต่างกันจำนวนระยะห่างของช่องสัญญาณ k ที่เหมาะสมมีความต่างกันไปตามลักษณะของเครือข่าย

Jin-Kao H. and Laurent P. (2002) ได้นำเสนองานวิจัยเรื่องการแก้ปัญหาการกำหนดความถี่ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์โดยใช้ การค้นหาตาบู งานวิจัยจะแบ่งตัวอย่างของปัญหาเป็น 2 กลุ่ม รวมตัวอย่างปัญหา 45 ปัญหา กลุ่มที่ 1 จะให้แต่ละเซลไซต์ต้องกำหนดความถี่จำนวน 1 ความถี่ กลุ่มที่ 2 แต่ละเซลไซต์ต้องกำหนดความถี่ 2 ความถี่ ผลลัพธ์ของการวิจัยพบว่าจากทั้งหมด 45 ปัญหา มีอยู่ 14 ปัญหาที่ต้องการจำนวนความถี่มากกว่าที่กำหนดไว้คิดเป็นร้อยละ 30

Raphael D. and Jin-Kao H. (2000) ได้นำเสนองานวิจัยเรื่องการกำหนดความถี่ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์โดยใช้ ขั้นตอนวิธีแบบวิวัฒน์ งานวิจัยจะทำการทดสอบกับตัวอย่างของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัญหาจำนวน 18 ปัญหาแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 กรณี คือ1) กำหนดการกลายพันธ์ และการคัดเลือกด้วย 1 โครโมโซม 2) กำหนดการกลายพันธ์ และการคัดเลือกด้วย 20 โครโมโซม การวิจัยจะไม่ใช้การไขว้เปลี่ยนของโครโมโซม ผลการวิจัยจะพบว่าตัวอย่างของปัญหาที่ง่าย เมื่อใช้จำนวนของโครโมโซมที่มากกว่าจะทำให้ได้ผลลัพธ์ของคำตอบที่ดีกว่า แต่เมื่อตัวอย่างของปัญหาที่ยากจะไม่เห็นความเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ของคำตอบ

J-S Kim , S. Park , P. Dowd and N. Nasrabadi (2002) ได้นำเสนองานวิจัยเรื่องการกำหนดช่องสัญญาณในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ โดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ได้ทำการทดลองโมเดลของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมกับปัญหาที่มีจำนวน 21 เซลไซต์ต้องการจำนวนช่องสัญญาณ 481 ช่องสัญญาณ ผลลัพธ์ของงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าการใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาใช้แก้ปัญหาการกำหนดช่องสัญญาณในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์จะสามารถหาผลลัพธ์ของคำตอบได้เร็วกว่าข่ายงานประสาทเทียม หรือการอบเหนียวจำลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved