

การประยุกต์ใช้ Fuzzy-C Means ในการติดตั้งตำแหน่ง สถานีฐานเบื้องต้นของระบบสื่อสารเคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์

*บงการ หอมมาน

บทความนี้เสนอวิธีการหาตำแหน่งการติดตั้งสถานีฐานของระบบสื่อสารเคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์เบื้องต้น โดยการประยุกต์ใช้หลักการ Fuzzy-C Means ซึ่งถือว่าเป็นปัญญาประดิษฐ์ตัวหนึ่ง พารามิเตอร์เบื้องต้นที่นำมาใช้ในการหาตำแหน่งสถานีฐานคือ จำนวนประชากรในพื้นที่หนึ่งๆ ผลที่ได้จากวิธีที่นำเสนอพบว่าระบบว่าหลักการดังกล่าวสามารถช่วยในการกำหนดตำแหน่งสถานีฐานได้ และมีความยืดหยุ่นต่อการกำหนดจำนวนสถานีฐาน

บทนำ

ปกติแล้วในการหาตำแหน่งสถานีฐานของระบบสื่อสารเคลื่อนที่จะใช้หลักการของคลื่นไมโครเวฟ เพื่อหาตำแหน่งที่ไม่มีอุปสรรคในการส่งสัญญาณ นั่นคือในทางปฏิบัติแล้วผู้ติดตั้งมักจะหาตำแหน่งที่มีความสูงหรือสูงที่สุดในบริเวณดังกล่าว ในภาวะปัจจุบันจำนวนผู้ใช้เพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังนั้นการติดตั้งสถานีฐานเพิ่มเติมในบริเวณย่อยต่างๆ ก็คงหลีกเลี่ยงไม่พ้นจุดอุปสรรคญาณ อย่างไรก็ตามบทความนี้นำเสนอวิธีการในการหาตำแหน่งสถานีฐานเบื้องต้นซึ่งสามารถนำไปใช้ประมาณตำแหน่งทั้งในขณะเริ่มต้นติดตั้งสถานีฐานและในขณะที่มีการติดตั้งเพิ่มเติม การ

ประมาณพื้นที่ดังกล่าวสามารถนำไปเป็นองค์ประกอบในการเลือกสถานที่จริงที่จะทำการติดตั้งในทางปฏิบัติได้ โดยอาศัยข้อมูลจำนวนประชากรและแผนที่ของพื้นที่บริเวณซึ่งโดยทั่วไปแล้วบางส่วนของข้อมูลดังกล่าวนี้ ผู้ให้บริการมีการบันทึกอยู่แล้วเนื่องจากข้อมูลส่วนนี้มีการนำไปใช้บริการลูกค้า เช่น การหาตำแหน่งสถานีเคลื่อนที่เป็นต้น

หลักการของ Fuzzy-C-Mean (FCM)

เทคนิคของ Fuzzy C-Means (FCM) นั้นเป็นการจัดกลุ่มข้อมูล โดยทำการจัดว่าข้อมูลใดเป็นของกลุ่มไหนด้วยดีกรีระดับความเป็นสมาชิก (Membership grade) เทคนิคนี้ Jim Bezdek นำเสนอครั้งแรกในปี 1981 เพื่อทำการพัฒนาการแก้ปัญหาจัดกลุ่มในช่วงแรกๆ โดยเป็นแนวคิดในการจัดกลุ่มข้อมูลต่างๆ ในบริเวณหลายมิติ

สำหรับอัลกอริทึม FCM นี้ เริ่มต้นจะมีการกำหนดตำแหน่งศูนย์กลางที่ต้องการแบบสุ่ม หลังจากนั้นแต่ละตำแหน่งศูนย์กลางจะกำหนดระดับความเป็นสมาชิกให้แก่แต่ละกลุ่มย่อยหรือสมาชิกแล้วมีการปรับ (Update) ตำแหน่งศูนย์กลางใหม่ ทำซ้ำจนกระทั่งได้

*อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต : วศ.ม. (วิศวกรรมโทรคมนาคม)
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งศูนย์กลางที่เหมาะสม นั่นคือได้ค่าของ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) ต่ำที่สุด ฟังก์ชันนี้แสดงถึงระยะห่างจากทุกกลุ่มย่อยไปยัง

ตำแหน่งศูนย์กลางโดยมีการให้น้ำหนักด้วยค่าสมาชิก ของจุดดังกล่าวนั่นเอง เพื่อให้เข้าใจมากขึ้นจึงจะแสดงใน รูปของคณิตศาสตร์โดยเริ่มจากกำหนดให้

$$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_3\} \quad (1)$$

เป็นกลุ่มข้อมูลที่ยังไม่ได้จัดเข้ากลุ่ม โดย z_x เป็นตัวอย่างข้อมูลที่มีขนาด p มิติ และ P ซึ่งแบ่ง Z เป็น c นั่นคือ P ถือว่าเป็นตระกูลของสับเซตฟัซซี (A) ของ Z ดังนี้

$$P = \{A_1, A_2, \dots, A_c\} \quad (2)$$

การกำหนดให้ระดับความเป็นสมาชิกของ z_x จะอยู่ในกลุ่มที่ i แทนด้วย μ_{xi} ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 และสอดคล้องกับสมการต่อไปนี้

$$\sum_{i=1}^c \mu_{xi} = 1, \text{ สำหรับ } x = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

และ

$$\sum_{i=1}^c \mu_{xi} < n, \text{ สำหรับ } x = 1, 2, 3, \dots, c \quad (4)$$

เมื่อ P c และจุดศูนย์กลาง v_i ($i = 1, 2, 3, \dots, c$) ที่เกี่ยวข้องกับ P ได้รับการคำนวณจะได้ว่า

$$v_i = \frac{\sum_{x=1}^n [\mu_{xi}]^m z_m}{\sum_{x=1}^n [\mu_{xi}]^m}, \text{ สำหรับ } i = 1, 2, 3, \dots, c \quad (5)$$

โดย m คือตัวประกอบเชิงเอกซ์โพเนนเชียล

สังเกตว่าจุดศูนย์กลาง v_i ของกลุ่ม A_i ที่คำนวณตามสมการที่ (5) คือการหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักของตัวอย่างใน A_i นั่นเอง โดยค่าน้ำหนักของ z_x คือค่าระดับสมาชิกยกกำลังในฟัซซีเซต A_i ด้วยตัวประกอบเชิงเอกซ์โพเนนเชียล ตัวอย่างที่มีระดับ

ความเป็นสมาชิกสูงในกลุ่มจะมีความเป็นสมาชิกมากขึ้น หลังจากผ่านการยกกำลังเชิงเอกซ์โพเนนเชียล และจุดศูนย์กลางกลุ่ม v_i จะเคลื่อนไปเข้าอยู่ในกลุ่มตัวอย่างดังกล่าว สำหรับพารามิเตอร์ m ถ้ามีขนาดใหญ่เกินไป จะมีผลน้อยต่อตัวอย่างที่ผ่านการเฉลี่ยน้ำหนัก แต่ถ้า m มี

ค่าเป็นหนึ่งในค่าเฉลี่ยน้ำหนักก็จะมีค่าการเน้นความ เป็นสมาชิกเพื่อการจัดกลุ่ม ดังนั้น m ควรมีย่านมากกว่า 1

ปัญหาของการจัดกลุ่มฟัซซี่คือการหาจุดศูนย์กลางกลุ่มซึ่งมีการเสนอให้ในตรรกะนี้สมรรถนะหรือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ขึ้นมา ซึ่งแสดงในสมการต่อไปนี้

$$J_m(P) = \sum_{x=1}^n \sum_{i=1}^c [\mu_{xi}]^m |z_x - v_i|^2 \quad (6)$$

โดยที่ $|z_x - v_i|$ คือระยะทางแบบยูคลิดีเดียน (Euclidean distance) ระหว่าง z_x และ v_i จะเห็นว่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์นี้วัดผลรวมน้ำหนักของระยะทางยูคลิดีเดียนระหว่างจุดศูนย์กลางของกลุ่มและ

สมาชิกที่อยู่ในกลุ่มนั้นๆ และเพื่อที่จะให้ค่าตรรกะนี้ ($J_m(P)$) มีค่าน้อยที่สุด ต้องมีการปรับค่าระดับสมาชิกจากจุดศูนย์กลางที่เคลื่อนที่ไป (v_i) ด้วยสมการต่อไปนี้

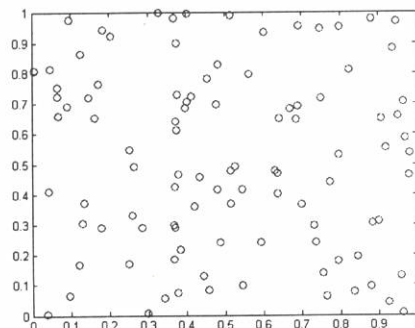
$$\mu_{xi} = \sum_{j=1}^c \left(\frac{|z_x - v_i|^2}{|z_x - v_j|^2} \right)^{\frac{-2}{m-1}} \quad (7)$$

แล้วทำการคำนวณค่า $J_m(P)$ ใหม่วนไปจนกระทั่ง $J_m(P)$ มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง หรือเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าค่าที่กำหนด

แบบจำลอง

แบบจำลองที่กำหนดขึ้นเป็นการสุ่มกลุ่มจำนวนผู้ใช้ขึ้นตามแนวโคออร์ดิเนต (Coordinate) แบบ xy 100 กลุ่มตัวอย่างในบริเวณที่ทำการนอร์

มอลไลซ์ (Normalized) แล้วทั้งแกน x และแกน y ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยแต่ละกลุ่มซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ (O) มีประชากรที่เท่ากันและกำหนดให้พารามิเตอร์ m มีค่า 2



รูปที่ 1 กลุ่มจำนวนผู้ใช้ 100 กลุ่มตัวอย่างในบริเวณที่ทำการนอร์มอลไลซ์แล้ว

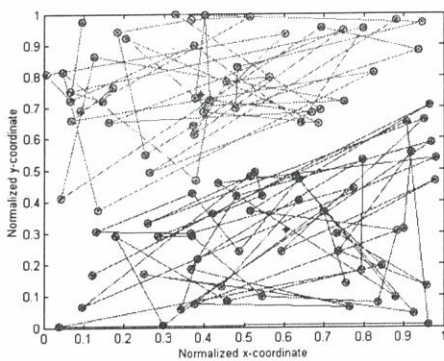
ประชากรในรูปที่ 1 จะนำไปช่วยในการหาตำแหน่งที่จะติดตั้งสถานีฐานเพื่อรองรับผู้ใช้เหล่านี้ โดยในขั้นต้นถือว่าจำนวนประชากรเหล่านี้ไม่มีการเคลื่อนที่ ส่วนการคำนึงถึงการเคลื่อนที่ของกลุ่มผู้ใช้นั้นจะอยู่ในส่วนของการพัฒนาสายอากาศแบบปรับตัวได้ การแฮนด์ออฟ และการจัดสรรทรัพยากรระบบ ซึ่งเป็นงานที่จะศึกษาในลำดับต่อไป

ในหัวข้อต่อไปเป็นผลของการนำ FCM ที่กล่าวข้างต้นมาใช้เพื่อตัวหาตำแหน่งสถานีฐาน

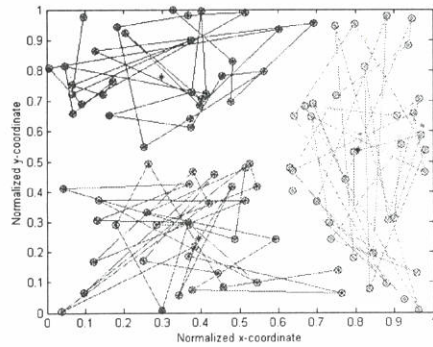
ผลการจำลองแบบ

การหาตำแหน่งสถานีฐานแบ่งออกเป็น 6 กรณีสำหรับประชากรในพื้นที่เดียวกัน คือ การหาตำแหน่งสำหรับสถานีฐานที่ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 ตำแหน่งตามลำดับ อย่างไรก็ตามจำนวนตำแหน่งสามารถกำหนดขึ้นได้ตามความเหมาะสม

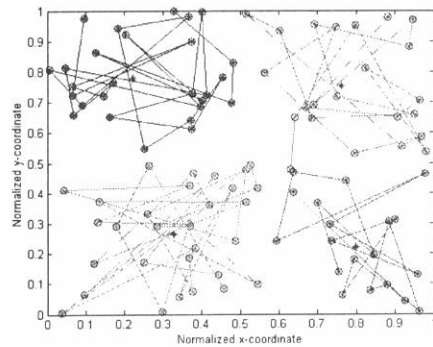
จากรูปที่ 2-7 พบว่า FCM สามารถจัดสรรตำแหน่งของสถานีฐานได้ นอกจากนี้ยังมีความยืดหยุ่นต่อจำนวนสถานีฐานที่กำหนด



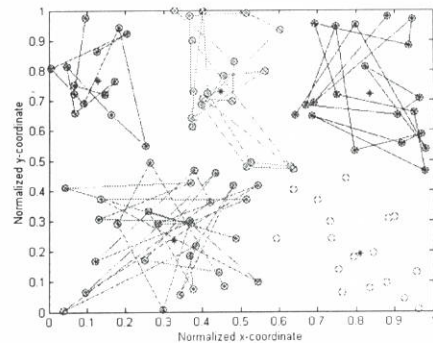
รูปที่ 2 สถานีฐาน 2 ตำแหน่ง (*)



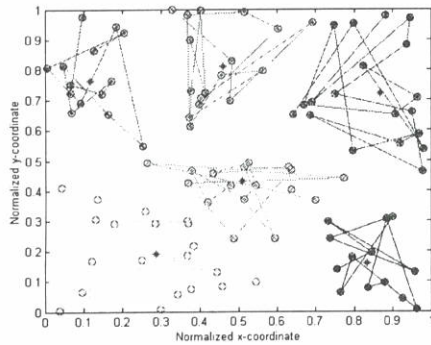
รูปที่ 3 สถานีฐาน 3 ตำแหน่ง (*)



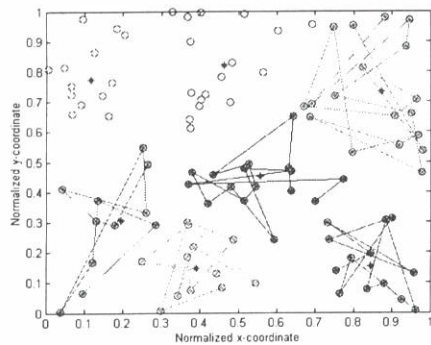
รูปที่ 4 สถานีฐาน 4 ตำแหน่ง (*)



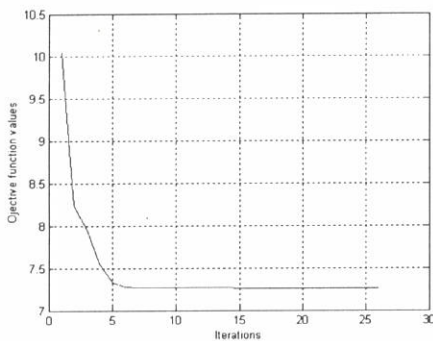
รูปที่ 5 สถานีฐาน 5 ตำแหน่ง (*)



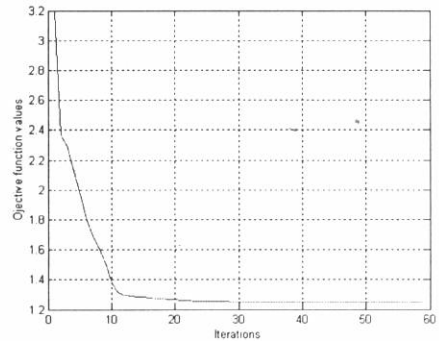
รูปที่ 6 สถานีฐาน 6 ตำแหน่ง (*)



รูปที่ 7 สถานีฐาน 7 ตำแหน่ง (*)



รูปที่ 8 ค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกรณีกำหนด
สถานีฐาน 2 ตำแหน่ง



รูปที่ 9 ค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกรณี
กำหนดสถานีฐาน 7 ตำแหน่ง

จากรูปที่ 8 และ 9 แสดงค่าวัตถุประสงค์และจำนวนรอบที่วนซ้ำเพื่อให้ได้ค่าวัตถุประสงค์ต่ำที่สุดพบว่าเมื่อจำนวนตำแหน่งสถานีฐานมากขึ้น จำนวนรอบที่วนซ้ำจะมากขึ้นเนื่องจากมีจำนวนข้อมูลในการประมวลผลมากขึ้น

สรุป

หลักการ FCM สามารถนำมาช่วยในการกำหนดตำแหน่งสถานีฐานเบื้องต้นได้ นอกจากนี้ยังมีความยืดหยุ่นต่อจำนวนสถานีฐานที่ต้องการ สำหรับสิ่งที่ต้องพัฒนาต่อไปในส่วนของวิธีการคือปรับปรุงการคำนวณให้มีจำนวนรอบน้อยลง ส่วนการประยุกต์ใช้งานจริงของอัลกอริทึมที่นำเสนอนี้ ทำได้โดยใช้ร่วมกับหลักการทางไมโครเวฟเพื่อให้เหมาะสมมากขึ้น นอกจากนี้อาจต้องคำนึงถึงทรัพยากรที่จะจัดสรร (ช่องสัญญาณหรือความถี่) ให้แต่ละกลุ่มให้ใกล้เคียงกันมากขึ้น

บรรณานุกรม

- Bezdek, J.C. "Cluster Validity with Fuzzy Sets." *Cybemetics*. 3, 3, (1973) : pp. 58-73.
- Chang, J.W. and Sung, D.K. "Adaptive Channel Reservation Scheme for Soft Handoff in DS-CDMA Cellular Systems." *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. 50, 2 (2001) : pp. 341-353.
- Chen, R. M. and Huang, Y. M. "Multi-Constraint job scheduling by clustering scheme of Fuzzy Neural Network." *IEICE Transaction on Information and Systems*. E48-D, 3, (2001) : pp.384-353.
- Jang, Jyh-Shing Roger. *Neuro-fuzzy and soft computing : a computational approach to learning and machine intelligence*. Upper Saddle River, N.J. : Prentice-Hall, 1997.
- Lee, W.C.Y. "Overview of Cellular CDM." *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. 40, 2, (May 1991) : pp. 291-302.