บทที่ 4

แนวคิด ผลงานที่ผ่านมาและขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์โดยใช้ฟัซซีลอจิก

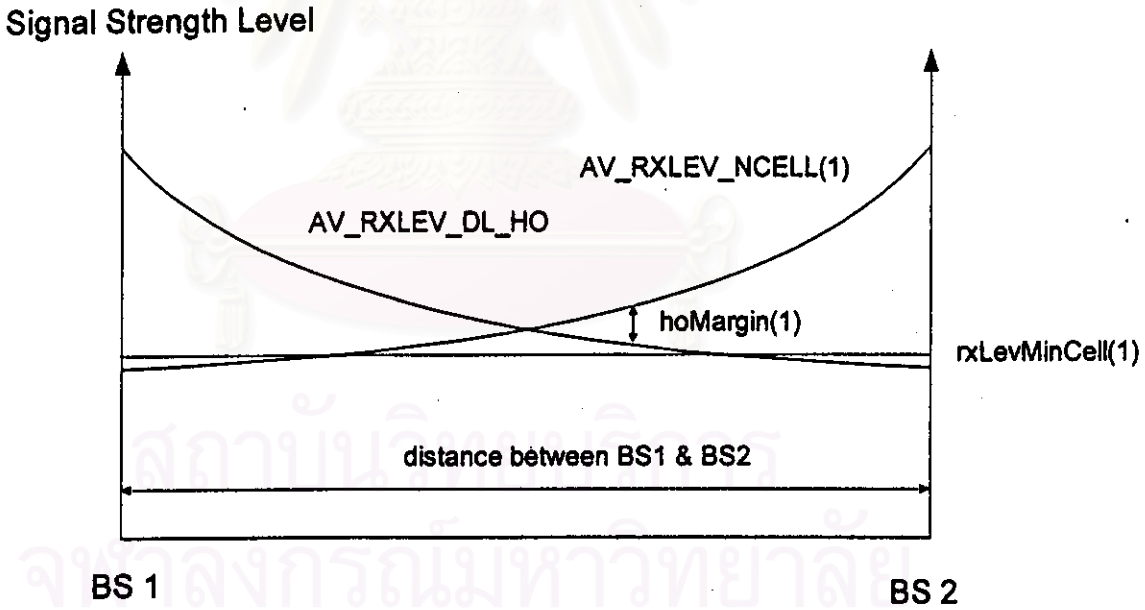
4.1 ขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์โดยใช้ค่าเทรชโฮลด์ของระดับความแรงสัญญาณ

ปัจจุบันในการใช้งานจริงขั้นตอนในการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์สามารถแสดงเป็นเงื่อนไขได้ดังนี้ [3-5]

1. AV_RXLEV_NCELL(n) > rxLevMinCell(n) + MAX(0,A) (4.1)

   A = msTxPwrMax(n) - msTxPwrMax

2. AV_RXLEV_NCELL(n) > AV_RXLEV_DL_HO + hoMarginLev(n) (4.2)



รูปที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ในการแฮนด์โอเวอร์

AV_RXLEV_NCELL(n) : ระดับความแรงสัญญาณเฉลี่ยของเซลล์ประชิดที่ n ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่รับได้

rxLevMinCell(n) : ระดับความแรงสัญญาณต่ำสุดของเซลล์ประชิดที่ n ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ยอม

รับได้

msTxPwrMax(n) : กำลังสูงสุดของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่กำหนดโดยสถานีฐานประชิดที่ n

msTxPwrMax : กำลังสูงสุดของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่กำหนดโดยสถานีฐานที่ใช้บริการอยู่

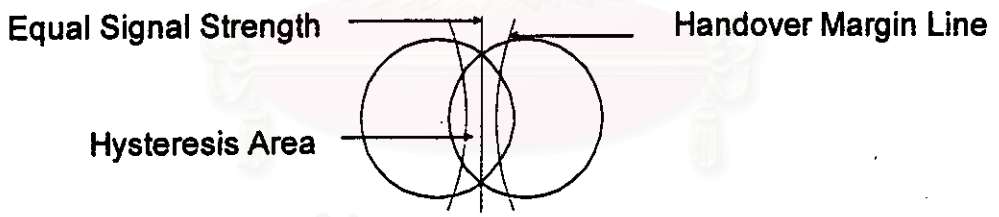
AV_RXLEV_DL_HO : ระดับความแรงสัญญาณเฉลี่ยที่รับได้ที่เซลล์ที่ใช้บริการอยู่

hoMarginLev(n) : ระดับความแรงสัญญาณที่เพิ่มมาจาก AV_RXLEV_DL_HO เพื่อยอมให้โทรศัพท์เคลื่อนที่แฮนด์โอเวอร์ได้ (Handover Margin)

ในสมการที่ (4.1) และ (4.2) นี้ไม่คิด Umbrella Handover (กรณีที่มีเซลล์ขนาดใหญ่คลุมข้างบนเซลล์ขนาดเล็กๆอีกชั้นหนึ่ง) อธิบายการทำงานได้ดังนี้คือ จะเกิดการแฮนด์โอเวอร์เมื่อระดับความแรงสัญญาณเฉลี่ยของเซลล์ประชิดที่ได้รับสอดคล้องกับเงื่อนไขต่อไปนี้

1. มีความแรงมากกว่าระดับความแรงสัญญาณต่ำสุดที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ยอมรับได้ และ
2. มีค่ามากกว่าระดับความแรงสัญญาณเฉลี่ยที่ได้รับจากสถานีฐานปัจจุบันตั้งแต่ระดับแฮนด์โอเวอร์มาร์จินเป็นต้นไป

การนำเอาแฮนด์โอเวอร์มาร์จิน (hoMarginLev(n)) มาใช้ก็เพื่อลดปรากฏการณ์ " ปิงปอง " (การแฮนด์โอเวอร์กลับไปกลับมาบริเวณรอยต่อของเซลล์ ซึ่งเป็นกรณีการแฮนด์โอเวอร์ที่ไม่จำเป็นอย่างหนึ่ง) โดย hoMarginLev(n) จะทำให้เกิดบริเวณฮิสเตอริซีส (Hysteresis) ดังรูปที่ 4.2

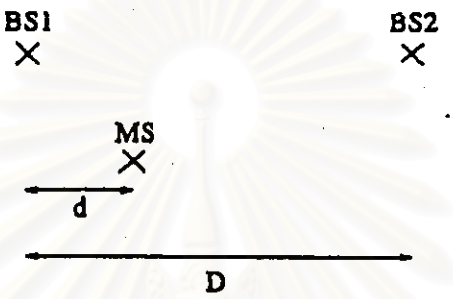


รูปที่ 4.2 บริเวณฮิสเตอริซีส

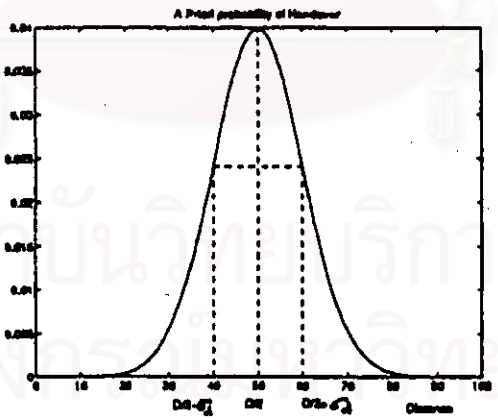
ในบริเวณฮิสเตอริซีสจะไม่มีการแฮนด์โอเวอร์เกิดขึ้น คือเป็นการชะลอการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์ที่เร็วเกินไป ซึ่งบางครั้งอาจทำให้เกิด lost calls ได้

4.2 ขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์โดยวิธีทางสถิติบนพื้นฐานหลักการของ Bayes และผลงานที่ผ่านมา

ปี 1994, 1997, B.Senadji [6-7] ได้เสนอขั้นตอนการตัดสินใจในการแฮนด์โอเวอร์บนพื้นฐานหลักการทางสถิติของ Bayes โดยกำหนดค่าความน่าจะเป็นเบื้องต้น (Priori probability) ที่จะเกิดการแฮนด์โอเวอร์ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างสถานีฐานแต่ละคู่ (D) และระยะห่างระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน (d) ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4



รูปที่ 4.3 ตำแหน่งของสถานีฐาน BS1 และ BS2 ระยะห่างระหว่างสถานีฐานแต่ละคู่ (D) และระยะห่างระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน (d)



รูปที่ 4.4 ค่าความน่าจะเป็นเบื้องต้น (A Priori probability) ของการแฮนด์โอเวอร์

เราสามารถเขียนสมการทางคณิตศาสตร์แทนความน่าจะเป็นเบื้องต้นในการแฮนด์โอเวอร์ได้ดังนี้

$$P_0 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_d}\exp\left(-\frac{(d-D/2)^2}{2\sigma_d^2}\right) \qquad (4.3)$$

โดยที่ σ_d : ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความน่าจะเป็น แสดงการกระจายของความน่าจะเป็นในการแฮนด์โอเวอร์ จากรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าถ้า σ_d มีค่าน้อยโอกาสในการแฮนด์โอเวอร์สูงจะเกิดขึ้นในช่วงแคบๆรอบตำแหน่ง D/2 (ค่าความน่าจะเป็นในการแฮนด์โอเวอร์มากที่สุด) แต่ถ้า σ_d มีค่ามากโอกาสในการแฮนด์โอเวอร์สูงจะเกิดขึ้นในขอบเขตที่กว้างกว่ารอบๆตำแหน่ง D/2 ค่าพารามิเตอร์ σ_d สามารถกำหนดได้ขึ้นอยู่กับขอบเขตที่ต้องการของโอกาสในการแฮนด์โอเวอร์สูงโดยอ้างอิงขอบเขตดังกล่าวกับตำแหน่ง D/2

4.2.1 สมมติฐาน

สมมติฐานที่ตั้งขึ้นคือ

H_0 : ต้องการแฮนด์โอเวอร์

H_1 : ไม่ต้องการแฮนด์โอเวอร์

ทำให้แบ่งกรณีการตัดสินใจได้เป็น 4 แบบดังนี้

1. $D_{0,0}$: ระบบตัดสินใจให้แฮนด์โอเวอร์ เมื่อในความเป็นจริงต้องการแฮนด์โอเวอร์
2. $D_{0,1}$: ระบบตัดสินใจให้แฮนด์โอเวอร์ เมื่อในความเป็นจริง "ไม่" ต้องการแฮนด์โอเวอร์
3. $D_{1,0}$: ระบบตัดสินใจ "ไม่ให้" แฮนด์โอเวอร์ เมื่อในความเป็นจริงต้องการแฮนด์โอเวอร์
4. $D_{1,1}$: ระบบตัดสินใจ "ไม่ให้" แฮนด์โอเวอร์ เมื่อในความเป็นจริง "ไม่" ต้องการแฮนด์โอเวอร์

สังเกตว่ากรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 เป็นสิ่งที่ไม่ต้องการนั่นคือ

กรณีที่ 2 จะทำให้เกิดการแฮนด์โอเวอร์ที่ไม่จำเป็น

กรณีที่ 3 ทำให้เกิดการ lost calls

4.2.2 เงื่อนไขของ Bayes

ให้ y เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสังเกตเพื่อช่วยในการตัดสินใจในที่นี้ คือ ระดับความแรงของสัญญาณจากหลักการของ Bayes จะประนีประนอมระหว่างการแฮนด์โอเวอร์ที่ไม่จำเป็นกับ lost calls ตามสมการที่ (4.4)

$$\frac{P_{y/H_1}(y/H_1)}{P_{y/H_0}(y/H_0)} \underset{H_0}{\overset{H_1}{\gtrless}} \frac{P_0}{P_1} \qquad (4.4)$$

โดย $P_1 = 1 - P_0$ คือความน่าจะเป็นเบื้องต้นที่จะไม่แฮนด์โอเวอร์

เมื่อแทนค่า P_1 และ P_0 ในสมการที่ (4.4) จะได้การตัดสินใจในการแฮนด์โอเวอร์ขึ้นอยู่กับระยะทางโดยมีค่าที่เหมาะสม 2 ค่าเป็นตัวกำหนดคือ η_1 และ η_2 โดยที่

$$\eta_1 = \frac{D}{2} - \sqrt{2\sigma_d^2\left[\ln\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_d}\right) + \ln(1 + \frac{P_{y/H_0}(y/H_0)}{P_{y/H_1}(y/H_1)})\right]} \qquad (4.5)$$

$$\eta_2 = \frac{D}{2} + \sqrt{2\sigma_d^2\left[\ln\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_d}\right) + \ln(1 + \frac{P_{y/H_0}(y/H_0)}{P_{y/H_1}(y/H_1)})\right]} \qquad (4.6)$$

จะได้

H_0 : $\eta_1 \leq d < \eta_2$ (4.7)

H_1 : $d < \eta_1$ หรือ $d \geq \eta_2$

อธิบายสมการที่ (4.7) ได้ดังนี้ การแฮนด์โอเวอร์จะเกิดขึ้นเมื่อ d มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ η_1 และขณะเดียวกันมีค่าน้อยกว่า η_2 ในทางตรงกันข้ามการแฮนด์โอเวอร์จะไม่เกิดขึ้นเมื่อ d มีค่าน้อยกว่า η_1 หรือมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ η_2

เนื่องจากค่า η_1 และ η_2 มีลักษณะสมมาตร ณ จุด D/2 จึงพิจารณาเพียงด้านเดียวได้โดยจะพิจารณาเฉพาะสมการที่ (4.5) และใช้ η แทน η_1

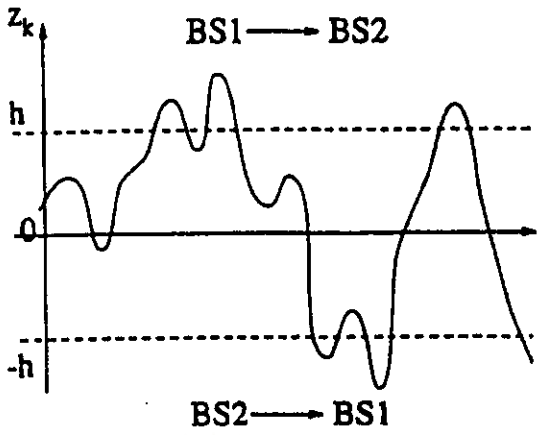
ให้ y^1_k แสดงระดับความแรงของสัญญาณที่รับได้จากสถานีฐานที่ 1 ตัวอย่างที่ k

y^2_k แสดงระดับความแรงของสัญญาณที่รับได้จากสถานีฐานที่ 2 ตัวอย่างที่ k

$$z_k = y_k^2 - y_k^1 \qquad (4.8)$$

4.2.3 ปรากฏการณ์ปิงปองและฮิสเตอริซีส

เงื่อนไขที่เพิ่มเติมเพื่อลดปรากฏการณ์ปิงปอง คือ นำเอาฮีสเตอริซีส (h) มาใช้จะได้



รูปที่ 4.5 เทรชโฮลด์ของการแฮนด์โอเวอร์

H_o : $z_k > h$ หรือ $z_k \leq -h$ (handover)

H_1 : $-h < z_k \leq h$ (hysteresis region)

ความหมายคือจะไม่เกิดการแฮนด์โอเวอร์ในช่วงที่ผลต่างของระดับความแรงสัญญาณทั้ง 2 สถานีฐาน (z_k) อยู่ในช่วงฮีสเตอริซีสและจะเกิดแฮนด์โอเวอร์เมื่อ z_k มากกว่า h หรือน้อยกว่าเท่ากับ -h

เราสามารถหาค่า $P_{y_k^1/H_1}$ และ $P_{y_k^1/H_o}$ ได้ดังสมการที่ (4.9) และ (4.10) ตามลำดับ

$$P_{y_k^1/H_1} = \frac{f(y_k^1, z_k)}{F_{z_k}(h) - F_{z_k}(-h)} \tag{4.9}$$

$$P_{y_k^1/H_o} = \frac{f(y_k^1, z_k)}{1 - (F_{z_k}(h) - F_{z_k}(-h))} \tag{4.10}$$

โดยที่

$$F_{z_k}(a) = \int_{-\infty}^{a} f(z_k) dz_k \tag{4.11}$$

$f(y_k^1, z_k)$ คือ ความถี่ที่ระดับความแรงสัญญาณจากสถานีฐานที่ 1 ตัวอย่างที่ k เมื่ออ้างอิงกับ Z_k

4.2.4 เงื่อนไขการตัดสินใจในการแฮนด์โอเวอร์

เมื่อแทนสมการที่ (4.3) และ (4.11) ลงในสมการที่ (4.5) จะได้เทรชโฮลด์ η ดังนี้

$$\eta = \frac{D}{2} - \sqrt{2\sigma_d^2\left[\ln\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_d}\right) - \ln(1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_k}\int_{-h}^{h}\exp\left(-\frac{(z_k - m_k)^2}{2\sigma_k^2}\right)dz_k)\right]} \quad (4.12)$$

โดยให้ $m_k = \left(\sum_{i=1}^{k} z_i\right) / k$

$$\sigma_k^2 = \left(\sum_{i=1}^{k}(z_k - m_k)^2\right) / k$$

จากสมการที่ (4.4) (4.7) และ (4.12) แสดงได้ว่า

$$d \underset{H_1}{\overset{H_0}{\gtrless}} \eta \quad (4.13)$$

ซึ่งใช้เป็นสมการในการตัดสินใจสำหรับการแฮนด์โอเวอร์ตามหลักการของ Bayes

ข้อจำกัดสำหรับวิธีนี้คือกำหนดให้โทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่ในแนวระนาบเรียบและต้องเป็นเส้นตรงเท่านั้นเพราะถ้าหากมีการเคลื่อนที่ในลักษณะอื่นจะต้องเปลี่ยนสมการความน่าจะเป็นในการแฮนด์โอเวอร์เบื้องต้นให้เหมาะสม

4.3 ผลงานที่ผ่านมาของการนำฟัซซีลอจิกไปใช้ในการแฮนด์โอเวอร์และขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์โดยใช้ฟัซซีลอจิกที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอ

การแฮนด์โอเวอร์โดยใช้หลักการฟัซซีลอจิกได้มีผู้เริ่มนำใช้ เช่น Yasuaki Kinoshita [8-9] ทำการทดสอบโดยจำลองแบบ มีวัตถุประสงค์เพื่อหลีกเลี่ยงการแฮนด์โอเวอร์เมื่อระดับความแรงของสัญญาณที่รับได้มีกำลังอ่อนเกินไปแต่ยังไม่ควรแฮนด์โอเวอร์ การทดสอบดังกล่าวพิจารณาเฉพาะในอาคาร และมีการนำเอาฮีสเตอริซีสมาใช้เพื่อลดจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ที่ไม่จำเป็นด้วย จึงเป็นแนวคิดที่จะใช้หลักการฟัซซีลอจิกไปประยุกต์ใช้ในวิธีที่เสนอซึ่งเป็นการใช้ฟัซซีลอจิกในการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์ในบริเวณชุมชนเมืองโดยมีกรณีของการตัดสินใจซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายกรณีขึ้นกับเงื่อนไขที่ต้องการ วิธีการที่เสนอนี้ออกแบบเพื่อลดจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ที่ไม่จำเป็นทั้งบริเวณที่เหลื่อมล้ำกันระหว่างเซลล์และบริเวณที่มีการลดลงของระดับความแรงของสัญญาณอย่างรวดเร็ว และเนื่องจากความหลากหลายของเงื่อนไขที่สามารถกำหนดได้จึงไม่จำเป็นต้องมีฮีสเตอริซีสและไม่มีข้อกำหนดของลักษณะการเคลื่อนที่

3 ขั้นตอนย่อยที่สำคัญในการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์บนพื้นฐานของหลักการฟัซซีลอจิกคือ Fuzzification, Fuzzy Inference และ Defuzzification [10-12]โดยกำหนดใช้พารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

d_u : ระยะห่างระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐานที่ให้บริการ

d_t : ระยะห่างระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐานที่เป็นเป้าหมายในการแฮนด์โอเวอร์

ss_u : ระดับความแรงของสัญญาณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่รับได้จากสถานีฐานที่ให้บริการ

ss_t : ระดับความแรงของสัญญาณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่รับได้จากสถานีฐานที่เป็นเป้าหมายในการแฮนด์โอเวอร์

HO_DECISION : การตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์ โดยมีพารามิเตอร์ 5 ตัวประกอบการตัดสินใจได้แก่

NO_HO : ไม่ให้แฮนด์โอเวอร์

WAIT : ชะลอการแฮนด์โอเวอร์

BECAREFUL : แฮนด์โอเวอร์ได้ (อยู่ในย่านที่มีระดับความแรงของสัญญาณต่ำ)

HO : แฮนด์โอเวอร์ได้

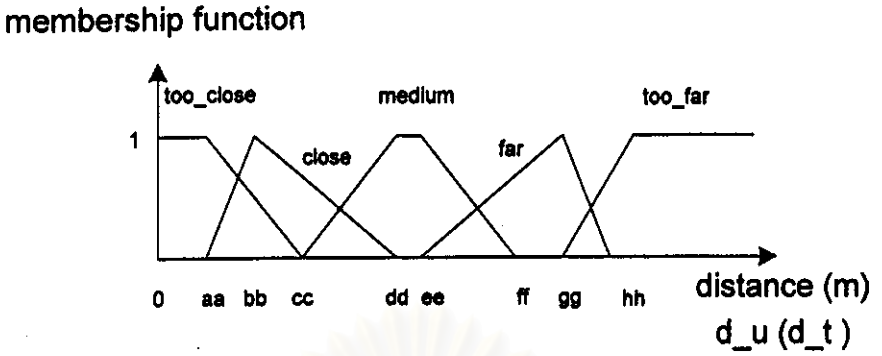
HO_SURE : แฮนด์โอเวอร์ได้ (ระดับความแรงสัญญาณใหม่ที่ได้รับมีค่าสูงมาก)

พารามิเตอร์ที่ได้จากการสังเกตได้แก่ d_u, d_t, ss_u, ss_t และพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์คือ HO_DECISION

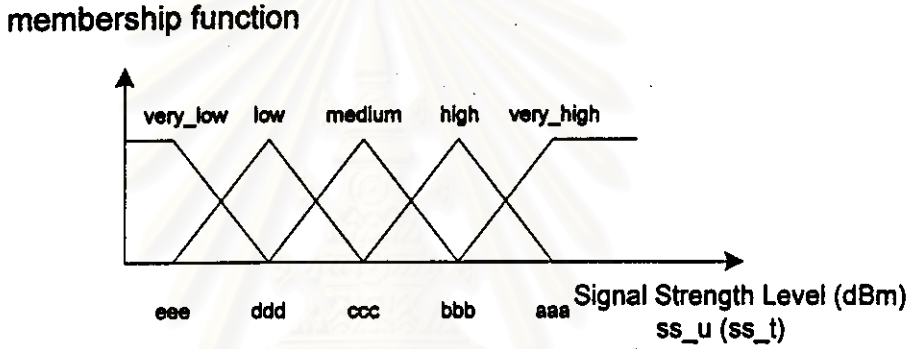
4.3.1 ขั้นตอนที่ 1 FUZZIFICATION

เป็นการเปลี่ยนค่าต่างๆ ของพารามิเตอร์ที่ได้จากการสังเกต เพื่อหาค่า membership function ของแต่ละพารามิเตอร์ซึ่งค่าใหม่ที่ได้จะเป็นค่า linguistic (เป็นค่าที่แสดงตามความรู้สึก) ดังแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตัวแปร linguisitic		ค่าที่เป็นไปได้
1. d_u	∈	{ too_close, close, medium, far, too_far }
2. d_t	∈	{ too_close, close, medium, far, too_far }
3. ss_u	∈	{ very_high, high, med, low, very_low }
4. ss_t	∈	{ very_high, high, med, low, very_low }
5. HO_DECISION	∈	{ NO_HO, WAIT, BECAREFUL, HO, SURE_HO }



รูปที่ 4.6 membership function ของ d_u และ d_t



รูปที่ 4.7 membership function ของ ss_u และ ss_t

รูปที่ 4.6 และ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ของค่าที่ได้จากการวัดจริงกับค่า membership function ของแต่ละตัวแปรโดยมีรูปร่างของกราฟเป็นตัวกำหนดโดย aa, bb, cc, dd, ee, ff, gg, hh และ aaa, bbb, ccc, ddd, eee เป็นค่าที่สามารถกำหนดได้เพื่อให้ได้สมรรถนะที่เหมาะสม

4.3.2 ขั้นตอนที่ 2 FUZZY INFERENCE

เป็นขั้นตอนที่กำหนดเงื่อนไขที่ต้องการโดยใช้กฎ "ถ้า - แล้ว" เพื่อให้สอดคล้องกับความรู้สึกและความเป็นจริงมากที่สุดของการแฮนด์โอเวอร์ เช่น กรณีที่ 1, 2 และ 3 กำหนดดังต่อไปนี้

1. ถ้า (d_u = too_close และ d_t = too_far และ ss_u = very_high และ ss_t = very_low)
   แล้ว HO_DECISION = NO_HO
2. ถ้า (d_u = close และ d_t = far และ ss_u = high และ ss_t = low)
   แล้ว HO_DECISION = NO_HO

3. ถ้า (d_u = medium และ d_t = too_far และ ss_u = very_high และ ss_t = very_low)
แล้ว HO_DECISION = NO_HO

วิธีที่เสนอมีมากกว่า 10 กรณี

Aggregation : เป็นการพิจารณาเงื่อนไข " ถ้า - แล้ว " ของแต่ละกรณี

เช่น ในกรณีที่ 1

ให้ (d_u = too_close) : A

(d_t = too_far) : B

(ss_u = very_high) : C

(ss_t = very_low) : D

(HO_DECISION = NO_HO) : Q

μ แทน membership function

จะได้ $\mu_Q = \min(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \mu_D)$: ค่า membership function ของ NO_HO ในกรณีที่ 1 เท่ากับ μ_Q นั่นเอง

Composition : นำผลลัพธ์ของแต่ละกรณีมาหาค่าการตัดสินใจในการแฮนด์โอเวอร์แต่ละแบบ

เช่น กรณีที่ 1 การตัดสินใจเป็นแบบ NO_HO : มีค่า membership function = μ_{Q1}

กรณีที่ 2 การตัดสินใจเป็นแบบ NO_HO : มีค่า membership function = μ_{Q2}

กรณีที่ 3 การตัดสินใจเป็นแบบ NO_HO : มีค่า membership function = μ_{Q3}

และกรณีใดๆที่การตัดสินใจเป็นแบบ NO_HO : มีค่า membership function = μ_{Qi}

จะได้การตัดสินใจ NO_HO = $\max(\mu_{Q1}, \mu_{Q2}, \mu_{Q3}, \ldots \mu_{Qi})$

จากนั้นหาค่าการตัดสินใจของแบบที่เหลือได้แก่ WAIT, BECAREFUL, HO และ SURE_HO เป็นลำดับต่อไป

4.3.3 ขั้นตอนที่ 3 DEFUZZIFICATION

หลังจากผ่านขั้นตอนที่ 3 ซึ่งได้ค่าของ NO_HO, WAIT, BECAREFUL, HO, SURE_HO ที่มีค่า membership function ต่างๆ แล้ว นำค่าดังกล่าวมาเปลี่ยนเป็นค่าจริงโดยวิธี Center of Gravity

การ defuzzification เป็นการเปลี่ยนจากค่า linguistic ไปเป็นค่าจริง แต่เนื่องจากการตัดสินใจในการแฮนด์โอเวอร์ไม่มีค่ากำหนดจริง จึงกำหนดค่าขึ้นมาตามชนิดการแฮนด์โอเวอร์โดยให้

NO_HO มีค่า HO_DECISION = 1

WAIT มีค่า HO_DECISION = 2

BECAREFUL มีค่า HO_DECISION = 3

HO มีค่า HO_DECISION = 4

SURE_HO มีค่า HO_DECISION = 5

โดยจะเกิดการแฮนด์โอเวอร์เมื่อ HO_DECISION ≥ 3 (ปรับค่าได้เพื่อควบคุมจำนวนแฮนด์โอเวอร์)

ผลของวิธีการที่เสนอนี้จะนำไปเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้จริงในปัจจุบันและวิธีทางสถิติของ Bayes ดังได้กล่าวแล้วข้างต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย