ปฏิพัฒนาการเพื่อหาขอบเขตบนและล่างของแบบจำลองการสูญเสียในเส้นทางการแพร่กระจายคลื่น

A Dialectical Approach to Find Upper and Lower Bounds Line of Sight Path Loss Model

พิศิษฏ์ โภคารัตน์กุล[1] ศุภชัย ไพบูลย์[2] สัญชัยยะ ผสมกุศลศีล[3] บัญชา บูรพัฒนศิริ[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต pisit.pho@kbu.ac.th

[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

[3]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอการหาแบบจำลองการสูญเสียในเส้นทางการแพร่กระจายคลื่นภายในอาคารที่มีขอบเขตบนและล่าง โดยใช้หลักการปฏิพัฒนาการหรือวิภาษวิธี (dialectical intelligence) แบ่งประเด็นคำถามออกเป็น 2 ประเด็นที่ตรงกันข้าม แล้วค้นหาความขัดแย้งในประเด็นหลักและประเด็นรองอย่างลึกซึ้งเพื่อเปลี่ยนผ่านสถานการณ์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ความขัดแย้งเชิงประจักษ์มีบทบาทอย่างสำคัญที่ทำให้เห็นความแตกต่างในการหาคำตอบที่เหมาะสมเพื่อแก้ปัญหา ถ้าความขัดแย้งยังคงอยู่ก็จะไม่สามารถแก้ปัญหาได้และจะพบคำตอบในการแก้ปัญหาเมื่อความขัดแย้งนั้นถูกขจัดไปจนหมดสิ้น ขอบเขตบนและล่างที่ได้จากปัญญาเชิงปฏิพัฒนาการจะจำกัดขอบเขตการทำนายค่าสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นให้อยู่ในอาณาบริเวณเส้นขอบเขต จากการวัดคลื่นผู้วิจัยพบว่าผู้คนและการเคลื่อนไหวของวัตถุมีผลต่อการแพร่กระจายคลื่น ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองที่ใช้ให้ค่าการทำนายสอดคล้องกับค่าที่วัดได้ จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางระบบการสื่อสารไร้สายภายในอาคารได้

คำสำคัญ: ปัญญาเชิงปฏิพัฒนาการ ความขัดแย้ง ค่าการสูญเสีย ขอบเขตบนและล่าง

Abstract

This research proposes a dialectical intelligence to find upper and lower bounds line of sight path loss model for indoor buildings. In finding, upper and lower bounds of linear regression uses the principle of dialectical thinking. A dialectical approach uses the elicitation of contradiction raised two questions which is opposite. Deep contradiction act as a mean to change the situation and find the correct method of resolving it. Identification of contradiction has an important role indistinguishing solution problem. A contradiction exists when no solution can be found, and a solution exists when no contradiction can be found. The upper and lower bounds are limited the scope of path loss within the boundary lines. From measuring, the researchers found that the people and objects movement have effect on wave propagation. The model results have correspondence the propagation measurements which will be useful for planning the system of indoor wireless communications.

Keywords: dialectical intelligence, contradiction, path loss, upper and lower bounds

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการแพร่กระจายคลื่นไร้สายเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากไม่ต้องใช้สายนำสัญญาณ ค่าความแรงของสัญญาณไร้สายจึงเป็นประเด็นสำคัญในการติดตั้งอุปกรณ์เครือข่ายเนื่องจากพื้นที่ภายในอาคารมีความหลากหลายและอาจมีสิ่งกีดขวางการเดินทางของคลื่นวิทยุทำให้เกิดการลดทอนของสัญญาณ (path loss) ในอาคารโดยขึ้นอยู่กับลักษณะของอาคารที่อาจเป็นห้องโถง ห้องทำงาน ทางเดิน ในระหว่างส่วนต่าง ๆเหล่านี้อาจมีผนังห้องที่เป็นคอนกรีต กระจก ตู้ เป็นตัวลดทอนสัญญาณหรือทำให้เกิดการเลี้ยวเบนของคลื่นวิทยุเป็นผลให้เกิดความแปรปรวน การสะท้อนคลื่นจากหลายทิศทาง (multipath) จากวัตถุต่าง ๆที่อยู่ภายในอาคาร การคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างความแรงของสัญญาณและระยะทางระหว่างตัวส่งสัญญาณไร้สาย (access point) และอุปกรณ์พกพา จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลในการวางระบบมิให้เกิดจุดบอดสัญญาณไร้สาย สัญญาณขาดหายตลอดจนการไปรบกวนการใช้งานของอุปกรณ์สื่อสารอื่น ๆ

งานวิจัยนี้จึงเสนอวิธีหาแบบจำลองค่าการสูญเสียของสัญญาณคลื่นไร้สายอย่างง่าย ซึ่งในแต่ละพื้นที่จะมีความแตกต่างกันให้สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับค่าความแรงของสัญญาณเพื่อสร้างแผนที่ความแรงของคลื่นสัญญาณไร้สายมิให้มีความแรงสัญญาณมากเกินไปจนรบกวนการทำงานของอุปกรณ์ไร้สายอื่น ๆ ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงหรือมีความแรงสัญญาณต่ำจนกระทบกับการติดต่อสื่อสาร โดยหาแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นวิทยุในอาคารด้วยวิธีปัญญาเชิงปฏิพัฒนาการหรือวิภาษวิธีมาประยุกต์ใช้ในการหาช่วงความเชื่อมั่นขอบเขตบนและล่างของแบบจำลองการหาค่าการสูญเสียในเส้นทางการแพร่กระจายคลื่น ดังจะได้กล่าวถึงในรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

2. แบบจำลองการสูญเสียในเส้นทางการแพร่กระจายที่ขึ้นอยู่กับระยะทาง (Distance-Dependent Path Loss Model)

แบบจำลองการหาค่าการสูญเสียในเส้นทางการแพร่กระจายคลื่นมีหลายแบบ แต่ในงานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นที่ขึ้นอยู่กับระยะทางยกกำลัง n [1, 2] ดังสมการที่ (1)

$$P_L(d) \propto (\frac{d}{d_0})^n \quad (1)$$

เมื่อ $P_L(d)$ คือ ค่าการสูญเสียในเส้นทางการแพร่กระจายคลื่น

n คือ ค่ายกกำลังที่บ่งชี้การสูญเสียที่ขึ้นกับระยะทาง

d_0 คือ ระยะทางเริ่มต้นอ้างอิง

d คือ ระยะทางระหว่างตัวส่งกับตัวรับ

เมื่อทำค่าให้อยู่ในหน่วย dB บวกค่าการสูญเสียในเส้นทางแพร่กระจาย d_0 จะได้

$$P_L(d)[dB] = P_L(d_0)[dB] + 10 \times n \times \log(\frac{d}{d_0}) \quad (2)$$

เมื่อ $P_L(d_0)$ คือ ค่าสูญเสียการแพร่กระคลื่นในปริภูมิอิสระ (free space)

เนื่องจากอยู่ในย่านเฟรสเนล (Fresnel zone) การแพร่กระจายคลื่นในสมการจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

$$P_{L_{bp}}(d) = \begin{cases} L_{bp,1} + 10\log\left(\frac{d}{d_{bp}}\right)^{n_1} & \text{for d} \le d_{bp} \\ L_{bp,2} + 10\log\left(\frac{d}{d_{bp}}\right)^{n_2} & \text{for d} > d_{bp} \end{cases} \quad (3)$$

เมื่อ d_{bp} คือ ระยะสิ้นสุดของช่วงแรกจากตัวส่งหรือจุดเบรกพอยต์ (breakpoint)

จุดเบรกพอยต์ d_{bp} ขึ้นอยู่กับความยาวคลื่น λ คำนวณได้จากสมการที่ (3) [3]

$$Z_f \approx= \sqrt{\lambda d_{bp}} \quad (4)$$

เมื่อ Z_f คือ รัศมีของย่านเฟรสเนลแรก

อย่างไรก็ตามทางเดินในอาคารที่กว้างเมื่อเทียบกับความสูงของเพดานจะพบว่าย่านเฟรสเนลแรกจะเกิดการสะท้อนจากเพดานและพื้นทางเดิน ส่วนการสะท้อนจากผนังด้านข้างสามารถตัดทิ้งได้ ดังนั้นจุดเบรกพอยต์จึงคำนวณได้จากรังสี 3 ทาง (three-ray model) [4] ดังสมการที่ (5)

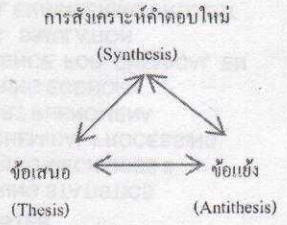
$$d_{bp} = \frac{4(H-h_2)h_2}{\lambda} \quad (5)$$

เมื่อ H และ h_2 คือความสูงของเพดานและความสูงของเสาอากาศตัวรับตามลำดับ

3. การแก้ปัญหาโดยการคิดแบบปฏิพัฒนาการ (Dialectical Thinking)

3.1 ทฤษฎีปฏิพัฒนาการ

หลักการปฏิพัฒนาการเป็นการตรวจสอบประเด็นวิกฤตหรือประเด็นสำคัญที่ระบุเป็นประเด็นหลักและข้อโต้แย้งเชิงตรรกะหรือเหตุผลที่มีมุมมองต่างกัน ขบวนการปฏิพัฒนาการหรือวิภาษวิธีจะทำให้เกิดปรากฏการณ์ความขัดแย้ง (contradiction) บนพื้นฐานของวิวัฒนาการ จะเกิดการโต้แย้ง สอบถามแนวความคิด ทำให้เกิดความเข้าใจของปัญหาและนำไปสู่การหาคำตอบใหม่ที่สนองตอบความต้องการของประเด็นปัญหาในขณะนั้น ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การคิดแบบปฏิพัฒนาการ

ปฏิพัฒนาการพิจารณาแบบจำลองของปัญหาที่สร้างขึ้นเพื่อหาคำตอบและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ดั้งเดิม เอนิน กล่าวถึงปฏิพัฒนาการว่าเป็นการสอนให้เรารู้จักในสิ่งที่ตรงกันข้ามภายใต้สถานการณ์ดังกล่าวจะนำไปสู่การเปลี่ยนผ่านไปสู่สถานการณ์ใหม่ จิตมนุษย์มนุษย์จึงมีสิ่งที่ตรงกันข้าม ไม่หายไปไหน ยังคงอยู่ ดังการดำรงอยู่ของเงื่อนไข เคลื่อนไหว เปลี่ยนผ่านจากมันทั้งหลายไปสู่สถานการณ์ใหม่ [5]

กลไกของวิวัฒนาการเชิงปริมาณสู่เชิงคุณภาพเป็นที่ประจักษ์ของสูตรสำเร็จของปฏิพัฒนาการ รูปแบบของปัญหาจะต้องผ่านความขัดแย้งและผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสู่สถานการณ์ใหม่ ภายใต้ความขัดแย้งอย่างลึกซึ้งจะมีการตั้งคำถามขึ้น 2 คำถามที่ตรงกันข้ามเพื่อวิเคราะห์ความขัดแย้งอย่างลึกซึ้ง (deep contradiction) ภายใต้การหาคำตอบของการต่อสู้สองแนวทางจะนำไปสู่คำตอบใหม่ที่เปลี่ยนแปลงสถานการณ์เดิมสู่สถานการณ์ใหม่ ความขัดแย้งจึงมีสภาพ 2 อย่างคือ อย่างแรกเป็นขบวนการแห่งการพัฒนาสรรพสิ่ง โดยต่างถือเอาด้านตรงกันข้ามกับตนเป็นเงื่อนไขอย่างแรกในการดำรงอยู่ของตัวตนและทั้งสองต่างก็อยู่ในองค์เอกภาพเดียวกัน อย่างที่สอง ด้าน 2 ด้านที่ขัดแย้งกันต่างแปรเปลี่ยนไปสู่ด้านตรงกันข้าม โดยอาศัยเงื่อนไขที่แน่นอนอนหนึ่ง ๆ ในการค้นหาลักษณะเฉพาะของความขัดแย้ง ถ้าไม่ค้นหาลักษณะแตกต่างของสภาพความขัดแย้ง 2 ประเด็นนี้แล้วก็จะจบลงไปสู่การค้นคว้าที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถเข้าใจสภาพความขัดแย้งอย่างเป็นรูปธรรมได้ [6] แต่อย่างไรก็ตามการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และ

GN23

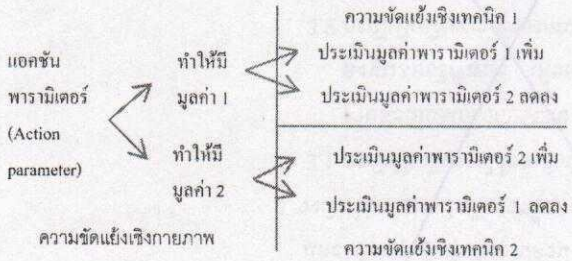
วิศวกรรมศาสตร์นั้นต้องตอบสนองความต้องการของวัตถุประสงค์ด้านหลักที่นำไปสู่การหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วย [7]

G.S. Altshuller ได้เสนอทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐกรรม (Theory of inventive problem solving) หรือ TRIZ ซึ่งเป็นทฤษฎีที่จัดการด้านความคิด โดยใช้แมทริกซ์ความขัดแย้งเพื่อลดความสลับซับซ้อนของกระบวนการของการเลือกหลักการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไขความขัดแย้งนั้น [8]

3.2 แนวคิดความขัดแย้งของ OTSM-TRIZ

มีความขัดแย้ง 3 รูปแบบถูกเสนอใน TRIZ [9] คือ

- ความขัดแย้งเชิงการจัดการ (administrative contradiction) เป็นไปตามวัตถุประสงค์โดยไม่ได้คำนึงถึงสถานการณ์
- ความขัดแย้งเชิงเทคนิค (technical contradiction) เป็นความขัดแย้งตรงกันข้ามของ 2 ประเด็น
- ความขัดแย้งเชิงกายภาพ (physical contradiction) เป็นความขัดแย้งตรงกันข้ามของ 2 ประเด็นภายใต้พารามิเตอร์ตัวเดียวกัน



รูปที่ 2 ระบบความขัดแย้ง

ความขัดแย้งเชิงบริหารไม่ถูกนำมาใช้ จึงใช้เฉพาะความขัดแย้งเชิงเทคนิคซึ่งเป็นความขัดแย้งเชิงระบบและความขัดแย้งเชิงกายภาพซึ่งเป็นความขัดแย้งเชิงพารามิเตอร์ [7] ดังแสดงในรูปที่ 2

4. การหาช่วงความเชื่อมั่นขอบเขตบนและล่างโดยปัญญาเชิงปฏิพัฒนาการ

4.1 แบบจำลองการสูญเสียในเส้นทางการแพร่กระจายคลื่น

การหาแบบจำลองการสูญเสียในเส้นทางการแพร่กระจายคลื่นในงานวิจัยนี้จะสร้างเส้นถดถอยเชิงเส้นที่มีขอบเขตบนและล่าง เพื่อทำนายการแพร่กระจายคลื่นในพื้นที่ที่ติดตั้งระบบการสื่อสารไร้สาย ประกอบด้วยเส้นถดถอยเชิงเส้นที่มีขอบเขตบนและขอบเขตล่าง โดยพิจารณาจากค่าคลาดเคลื่อนของเส้นถดถอย

4.2 การแทนสารสนเทศ

เนื่องจากการหาแบบจำลองอ้างอิงบนพื้นฐานของเส้นถดถอยที่มีขอบเขตบนและล่าง หาได้จากข้อมูลสัญญาณคลื่นไร้สายที่วัดได้ภายใต้เงื่อนไขสภาพแวดล้อมหนึ่ง ๆ นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ทำนายค่าสูญเสียในเส้นทางการแพร่กระจายคลื่นคือข้อมูลอยู่ที่ในขอบเขตและนอกขอบเขต แบบจำลองนี้สามารถนำไปใช้ทำนายค่าสูญเสียในเส้นทางการแพร่กระจายคลื่นในสภาพแวดล้อมที่คล้ายคลึงกันได้ การสร้างแบบจำลองมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ สมมติว่ามีข้อมูลค่าสูญเสียในเส้นทางการแพร่กระจายคลื่นดังตารางที่ 1 นำข้อมูลดังกล่าวไปคำนวณหาเส้นถดถอยเชิงเส้น จากนั้นหาช่วงความเชื่อมั่นขอบเขตบนและล่างโดยการเซตค่าพารามิเตอร์ตามเงื่อนไขในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลใช้ในการสร้างเส้นถดถอยเชิงเส้น

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y	7	8	8	12	9	10	7	10	11	12	12	13

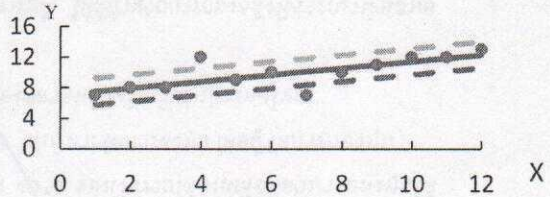
จากตารางที่ 1 จะได้เส้นถดถอยดังนี้

$$\hat{y}_i = 7.0758 + 0.4371\, x_i \quad r^2 = 0.56 \qquad (6)$$

ตารางที่ 2

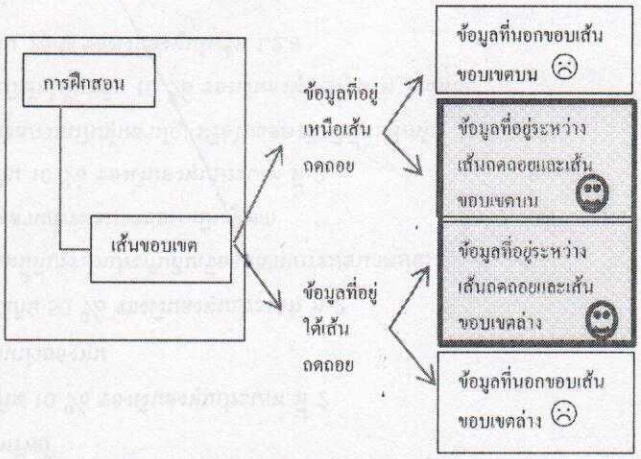
	y_i
"1" หมายถึง	$e_{y_i} = \hat{y}_i - y_i \leq 0$
"0" หมายถึง	$e_{y_i} = \hat{y}_i - y_i > 0$

จากตารางที่ 2 จะฝึกสอนว่าข้อมูลในตารางที่ 1 ข้อมูล y_i ข้อมูลใดมีตรรกะเป็น '0' หรือ "1" ในกรณีที่เป็น "0" หมายถึงข้อมูล y_i ที่อยู่ต่ำกว่าเส้นถดถอย ถ้าเป็น "1" หมายถึงข้อมูล y_i ที่อยู่เหนือเส้นถดถอยเชิงเส้นดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 เส้นถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลในตารางที่ 1

$\hat{y} = 7.0758 + 0.4371x,\ r^2 = 0.56$

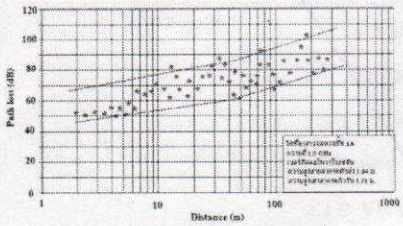


รูปที่ 4 การหาเส้นขอบเขตโดยใช้การคิดแบบปฏิพัฒนาการ

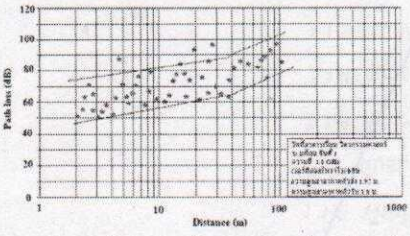
จากหลักความขัดแย้งอย่างลึกซึ้งสามารถแบ่งกลุ่มข้อมูล y_i ที่มีตรรกะ "1" ออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่อยู่ระหว่างเส้นขอบเขตบนกับเส้นถดถอยและนอกเส้นขอบเขตบนการกำหนดขอบเขตจะพิจารณาจาก

ข้อมูลที่มีผลกระทบการติดต่อการสื่อสาร ในทำนองเดียวกันก็สามารถแบ่งกลุ่มข้อมูล y_i ออกเป็นอยู่ระหว่างเส้นถดถอยกับเส้นขอบเขตล่างและอยู่นอกเส้นขอบเขตล่าง ซึ่งข้อมูลที่อยู่นอกช่วงขอบเขตล่างจะมีความแรงสัญญาณมากเกินไปจนรบกวนการทำงานของอุปกรณ์ไร้สายอื่น ๆ ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงจะถูกละทิ้ง ดังแสดงการแทนความขัดแย้งในรูปที่ 4

จากวิธีการปัญญาเชิงปฏิพัฒนาการสามารถนำมาหาเส้นขอบเขตบนและล่างของแบบจำลองการสูญเสียในเส้นทางการแพร่กระจายคลื่นของอาคารจอดรถศูนย์การค้าและอาคารเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ดังในกราฟรูปที่ 5 ซึ่งมีจุดเบรกพอยต์ที่ 30.2 เมตร และ 46 เมตร ตามลำดับ



a.) อาคารจอดรถศูนย์การค้าชั้น 1A



b.) อาคารเรียน 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

รูปที่ 5 ค่าการสูญเสียที่วัดและแบบจำลองโดยปัญญาเชิงปฏิพัฒนาการ

5. อภิปราย

หลักการปฏิพัฒนาการนั้นต้องศึกษาความขัดแย้งอย่างลึกซึ้งซึ่งข้อขัดแย้งที่ตรงกันข้ามต่างก็มีข้อดีข้อเสียด้วยกันทั้งสิ้น ถ้าสามารถหาข้อดีทั้งสองฝั่งได้ก็จะได้ข้อสรุปใหม่ที่เป็นคำตอบ อย่างไรก็ตามถ้าความขัดแย้งนั้นยังดำรงก็จะไม่สามารถหาข้อสรุป ถ้าได้ข้อสรุปใหม่ความขัดแย้งนั้นจะหายไป หลักการความขัดแย้งสามารถอ่านได้จากเอกสารอ้างอิงหมายเลข 6

6. สรุป

ปฏิพัฒนาการอาศัยหลักการความขัดแย้งที่มีประเด็นตรงกันข้ามนำไปสู่ความขัดแย้ง แล้วนำไปสู่ข้อสรุปใหม่ หลักการดังกล่าวนำมาประยุกต์ใช้หาช่วงความเชื่อมั่นของขอบเขตบนและล่างโดยอาศัยประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญการวางระบบการสื่อสารไร้สายภายในอาคาร ทำการแบ่งข้อมูลบนเส้นถดถอยออกเป็น 2 กลุ่ม คือข้อมูลที่อยู่ได้เส้นถดถอยกับที่อยู่เหนือเส้นถดถอย ทำการค้นหาความขัดแย้งอย่างลึกซึ้งจะนำไปสู่ข้อสรุปของแบบจำลองที่มีเส้นขอบเขตบนและล่าง ข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตบนจะถูกละทิ้งไป เนื่องจากมีการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นมากกว่าปกติ ส่วนข้อมูลอยู่นอกขอบเขตล่างเป็นข้อมูลที่มีความแรงของสัญญาณมากเนื่องจากมีการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นน้อยกว่าปกติจะไม่นำมาใช้ในแบบจำลอง การพัฒนาแบบจำลองโดยใช้ปัญญาเชิงปฏิพัฒนาการนี้จึงแตกต่างจากการหาช่วงความมั่นขอบเขตบนและล่างของแบบจำลองเส้นถดถอยการสูญเสียโดยใช้สูตรทางสถิติหาช่วงความเชื่อมั่น[10]นั้นไม่สามารถแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับความเป็นจริงได้ ในการทดลองนี้ได้ทดลองวัดค่าการสูญเสียในเส้นทางการแพร่กระจายของอาคาร 2 อาคารเปรียบเทียบกันที่ความถี่คลื่น 1.8 GHz พบว่าจุดเบรกพอยต์ขึ้นอยู่กับความสูงเพดานและความสูงเสาอากาศ หลักการปฏิพัฒนาการจะตัดข้อมูลที่หลุดจากกลุ่มข้อมูลทิ้งเพื่อลดความแปรปรวนที่เกิดขึ้นกับแบบจำลอง

เอกสารอ้างอิง

[1] S.Y. Seidel and T.S. Rappaport , "914MHz path loss prediction models for indoor wireless communications in multi-floored Buildings," *IEEE Trans Antennas Propag* 1992,vol. 40, pp.207–17.

[2] S. Phaiboon, P. Phokharatkul, S. Somkuarnpanit, "New upper and lower bounds line of sight path loss model for mobile propagation in buildings," *Int. J. Electron. Commun.*, Vol.2, 2008, pp. 207 – 215.

[3] K.W. Cheung, J.H.-M Sau, R.D. Murch, " A new empirical model for indoor propagation prediction," IEEE Trans Vech Technol 1998 Vol.47 pp.996–1001.

[4] Saleh F. Cellular mobile systems engineering. Boston, London: Artech House Publishers; 1996.

[5] V.I. Lenin, Conspectus of Hegel's The Science of Logic, Vol. 38. Progress Publishers, Moscow, 1958.

[6] M. Tsetung, On Contradiction, Selected Works, FL Press, Peking, 1967, pp. 311–347.

[7] S. Dubois, T. Eltzer, R.D. Guio, "A dialectical based model coherent with inventive and optimization problems," Computers in Industry 60, 2009, pp. 575–583

[8] G.S. Altshuller, Creativity as an Exact Science, Gordon and Breach, NewYork, 1988

[9] S.D. Savransky, Engineering of Creativity: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving, CRC Press LLC, Boca Raton, FL, 2000.

[10] E.O.O. Ojakominor and T.F. Lai, "Statistical (Radio) Path Loss Modelling: for RF Propagations within Localized Indoor and Outdoor Environments of the Academic Building of INTI University College," International Journal of Electronics and Communication Engineering 2009, Vol.3, No.2, pp. 367- 389.