บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันระบบสื่อสารไร้สายที่ใช้ภายในอาคารมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความสะดวกในการใช้งานที่ไม่ต้องเชื่อมต่อสายสัญญาณถึงกันเช่น โทรศัพท์ไร้สาย, ระบบโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN), ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ เป็นต้น ในการออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารไร้สายโดยการกำหนดตำแหน่งและจำนวนสถานีฐานที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้พื้นที่เขตบริการทั่วถึง และมีจำนวนสถานีฐานน้อยที่สุดเพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย ดังนั้น การหาแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นเพื่อทำนายค่าการสูญเสียตามวิถีที่ให้ความถูกต้อง และง่ายต่อการใช้งาน จึงเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบระบบสื่อสารไร้สายภายในอาคาร นอกจากนี้ แบบจำลองดังกล่าวยังสามารถนำไปใช้ในการทำนายระดับสัญญาณคลื่นที่อาจมีผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องมืออิเล็คทรอนิคส์ต่าง ๆ ภายในอาคารอีกด้วย

ในการออกแบบเครือข่ายสื่อสารภายในอาคารนั้น สถานีฐานส่วนมากจะนิยมติดตั้งในแนวทางเดินภายในอาคาร (Corridor) ดังนั้นแบบจำลองการสูญเสียตามวิถีสำหรับการแพร่กระจายคลื่นในแนวสายตา (Line-of-Sight, LOS) จึงยังมีความจำเป็นต้องใช้ โดยที่ผ่านมามีการใช้งานแบบจำลองการสูญเสียตามวิถีภายในอาคารทั้งสำหรับการแพร่กระจายคลื่นในแนวสายตาหรือ LOS และไม่อยู่ในแนวสายตา (Non Line-of-sight, NLOS) มีอยู่ 3 แบบ คือ แบบแรก เรียกว่า แบบจำลองอย่างง่าย (Empirical model) [1-2],[12-13],[15],[20-24] ซึ่งมาจากการนำข้อมูลการวัดสัญญาณมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) แบบจำลองประเภทนี้ง่ายต่อการใช้งาน เพียงผู้ใช้กำหนดระยะทางและความถี่เท่านั้น แต่มีข้อด้อยในเรื่องความแม่นยำ แบบที่สอง เรียกว่า แบบจำลองแนวรังสีคลื่น (Ray optic model) หรือ (Deterministic model) [3-4], [16-17], [19], [27-28] ซึ่งได้จากการใช้ทฤษฎีการแพร่กระจายคลื่นบนแผนผังอาคารทั้งแบบสองมิติและสามมิติ แบบจำลองประเภทนี้ให้ความแม่นยำสูง แต่มีข้อเสียตรงที่ต้องใช้แผนผังอาคารที่มีรายละเอียดมากและใช้เวลาในการคำนวณสูง ส่วนแบบสุดท้ายเรียกว่าแบบจำลองกึ่งแนวรังสีคลื่น (Semi-ray optic model) หรือ (Semi-deterministic model) [5-6], [14] โดยใช้ข้อมูลทางสถิติประกอบกับหลักการทางทฤษฎีการแพร่กระจายคลื่น ทำให้แบบจำลองประเภทนี้มีความถูกพอสมควรและง่ายต่อการใช้งาน

แบบจำลองทั้งสามประเภทข้างต้นไม่สามารถรวมผลกระทบของวัตถุที่แปรเปลี่ยนตามเวลา (Time-variant effects) เช่น การเคลื่อนไหวของคนภายในอาคาร หรือ การเคลื่อนที่ของรถยนต์ภายในอาคารจอดรถ เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมถึงการ เปิด-ปิด ประตู หรือ หน้าต่างภายในอาคารอีกด้วย สิ่งเหล่านี้มีผลกระทบต่อการแพร่กระจายคลื่นภายในอาคารเป็นอย่างมาก [7] เนื่องจากขนาดของสิ่ง

เคลื่อนไหวเหล่านี้มีขนาดใกล้เคียงกับวัตถุที่ไม่แปรเปลี่ยนตามเวลา (Time-invariant effects) เช่น ผนัง และเสาต่างๆ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการสื่อสารภายนอกอาคารแล้ว ผลกระทบของวัตถุที่แปรเปลี่ยนตามเวลา จะมีไม่มากเนื่องจากวัตถุที่เคลื่อนไหวมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับวัตถุที่ไม่แปรเปลี่ยนตามเวลา เช่น อาคาร เป็นต้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งหวังเพื่อนำเสนอแบบจำลองการสูญเสียตามวิถีสำหรับการแพร่กระจายคลื่นภายในอาคารในย่านความถี่ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยวิธีทางอัจฉริยะ (intelligent) โดยพิจารณาโครงสร้างของอาคารและผลกระทบจากวัตถุที่แปรเปลี่ยนตามเวลาหรือวัตถุที่เคลื่อนไหวภายในอาคารประเภทสำนักงานและอาคารจอดรถ โดยการศึกษาแบบจำลองการสูญเสียตามวิถีเดิมที่ใช้กับกรณีมีวัตถุเคลื่อนที่ภายในอาคาร เช่น มีการใช้งานอาคารในชั่วโมงรีบเร่ง และในกรณีที่ไม่มีการใช้งานของอาคาร จากนั้นจึงนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อนำเสนอแบบจำลองใหม่ที่สามารถทำนายการลดทอนของสัญญาณได้แม่นยำและสามารถรวมผลกระทบจากวัตถุเคลื่อนที่โดยใช้แบบจำลองแบบมีขอบเขตด้านบนและขอบเขตด้านล่าง (Upper and lower bounds model) โดยใช้วิธีการแบบนิวโร-ฟัซซี และการถดถอยเชิงเส้นแบบฟัซซี ซึ่งช่วยให้สามารถทำนายการแพร่กระจายคลื่นได้ดีขึ้น

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

ข้อด้อยของแบบจำลองการลดทอนสัญญาณคลื่นแบบกึ่ง-กำหนด (Semi-deterministic) คือการที่แบบจำลองไม่สามารถรวมผลกระทบที่เกิดจากธรรมชาติของการแพร่กระจายคลื่นวิทยุได้เช่น ผลกระทบจากท่อนำคลื่นภายในอาคาร (Wave-guiding effect) และการกระจัดกระจายของคลื่น (Scattering) เป็นต้นซึ่งสิ่งเหล่านี้มีผลทำให้แบบจำลองคลื่นเดิมมีความผิดพลาด ผลกระทบดังกล่าวไม่สามารถเป็นแบบจำลองอย่างง่ายได้ ดังนั้นในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จึงนำเสนอวิธีนิวโรฟัซซี (Neuro-Fuzzy) เพื่อสร้างแบบจำลองที่รวมผลกระทบดังกล่าว นอกจากนี้ยังพบข้อด้อยของวิธีการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) คือ การกำหนดขอบเขตบนและขอบเขตล่างนั้นใช้ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) รอบ ๆ เส้นถดถอย (Regression line) ทำให้มีข้อมูลของการสูญเสียตามวิถีจำนวนหนึ่งอยู่นอกเส้นขอบเขตดังกล่าว ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการเกิดการจางหายอย่างเร็ว (Fast fading) ของสัญญาณคลื่นวิทยุจากการเคลื่อนที่ของวัตถุภายในอาคาร การเกิดการจางหายยังขึ้นอยู่กับโครงสร้างของอาคารอีกด้วย เนื่องจากกลไกการแพร่กระจายคลื่นขึ้นอยู่กับระยะความสูงของเพดาน ระยะห่างของผนังห้อง และวัสดุที่ใช้ภายในอาคาร เป็นต้น

การแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น เราใช้วิธีการกำหนดขอบเขตบนและขอบเขตล่างใหม่ เพื่อให้แบบจำลองการสูญเสียตามวิถีสามารถคิดผลกระทบที่เกิดจากการจางหายอย่างเร็ว โดยใช้ข้อมูลการ

สูญเสียตามวิถีที่ได้จากการวัดสัญญาณภายในอาคารประเภทต่าง ๆ ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้วิธีการถดถอยเชิงเส้นแบบฟัซซี (Fuzzy Linear Regression) ในการสร้างแบบจำลองการสูญเสียตามวิถีแบบมีขอบเขตบนและขอบเขตล่าง ซึ่งสามารถรวมผลกระทบจากการจางหายอย่างเร็ว, ความสูงของเพดานและความสูงของสายอากาศอีกด้วย

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

แบบจำลองการสูญเสียตามวิถีที่ใช้สำหรับการสื่อสารแนวสายตาภายในอาคารนั้น ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เลือกใช้แบบจำลองชนิดสองความชัน (Two slopes model) เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่มีความถูกต้องสูงโดยเฉพาะที่ตำแหน่งจุดรับสัญญาณอยู่ห่างจากเครื่องส่งมาก ๆ การสร้างแบบจำลองนั้นจะใช้ทฤษฎีถดถอยเชิงเส้น ทฤษฎีโครงข่ายนิวรอล และ ทฤษฎีฟัซซี ลอจิก รวมถึงทฤษฎีการแพร่กระจายคลื่นภายในอาคาร เพื่อให้แบบจำลองที่ได้สามารถนำไปใช้ได้กับอาคารประเภทต่าง ๆ ที่มีวัตถุเคลื่อนที่อยู่ภายในอาคารนั้น ๆ ซึ่งในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้แสดงการทำนายการสูญเสียตามวิถีโดยใช้วิธีที่นำเสนอเพื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเดิม

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นแบบกึ่ง-กำหนด โดยใช้วิธีนิวโรฟัซซี และแบบจำลองที่มีขอบเขตบนและขอบเขตล่างโดยใช้วิธีการถดถอยเชิงเส้นแบบฟัซซี (Upper and Lower Bounds Path Loss Model using Fuzzy Linear Regression) สำหรับระบบสื่อสารไร้สายภายในอาคาร ในย่านความถี่ 1800 MHz โดยทำการศึกษากับอาคารสำนักงานและอาคารจอดรถของห้างสรรพสินค้า การเก็บข้อมูลโดยการติดตั้งเครื่องส่งและเครื่องรับในแนวทางเดินของอาคารในช่วงเวลาที่ไม่มีวัตถุเคลื่อนที่ และในช่วงเวลาที่มีการใช้งานอาคาร และมีวัตถุเคลื่อนที่จำนวนมากเพื่อหาผลกระทบจากการจางหายอย่างเร็ว ข้อมูลที่ได้จะแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดแรกสำหรับสร้างแบบจำลองและชุดที่สองสำหรับการทดสอบ

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บทด้วยกัน คือ

บทที่ 1 กล่าวถึง ความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ สมมุติฐานทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตของการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึง การแพร่กระจายคลื่นภายในอาคาร ซึ่งเป็นทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แบบจำลองการสูญเสียตามวิถีภายในอาคารประเภทต่าง ๆ

บทที่ 3 กล่าวถึง การใช้ทฤษฎีฟัซซีกับแบบจำลองการลดทอนสัญญาณคลื่นวิทยุ

บทที่ 4 กล่าวถึง เทคนิคการวัดสัญญาณ และการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

บทที่ 5 กล่าวถึง แบบจำลองการสูญเสียตามวิถีที่นำเสนอโดยใช้วิธีการถดถอยเชิงเส้นแบบฟัซซี และการทดสอบแบบจำลองการสูญเสียตามวิถีเพื่อแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่นำเสนอนั้น สามารถแก้ไขข้อด้อยที่เกิดจากเป็นจำลองเดิมได้

บทที่ 6 เป็นบทสรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ