บริษัท แอดวานซ์ ไวร์เลส เน็ทเวอร์ค จำกัด ร่วมกับ บริษัท ไทยคม จำกัด (มหาชน) ได้ร่วมดำเนินโครงการทดสอบภาคสนามเพื่อประเมินผลกระทบและศึกษาเงื่อนไขทางเทคนิค เพื่อกำหนดมาตรการบรรเทาผลกระทบจากการใช้คลื่นความถี่ร่วมกันระหว่างกิจการโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากล (IMT) ด้วยระบบเทคโนโลยี 5G ในย่านความถี่ 3.4-3.6 GHz (Extended C-band) และกิจการประจำที่ผ่านดาวเทียม (Fixed Satellite Service : FSS) ที่ใช้งานในระบบ DTH (Direct to Home) ซึ่งเป็นลักษณะการใช้งานโดยส่วนใหญ่ของกิจการสื่อสารดาวเทียมในความถี่ C-band ในย่าน 3.4-4.2 GHz (Extended C-band และ Standard C-band) โดยจะได้ทำการบันทึกลักษณะและคุณภาพของสัญญาณโทรทัศน์ก่อนและหลังการส่งสัญญาณระบบเทคโนโลยี 5G โดยได้การทดสอบภาคสนาม ณ บริเวณ ลานจอดรถข้างอุทยาน 100 ปี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับอนุญาตจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร

กำหนดให้สถานีฐานของระบบเทคโนโลยี 5G อยู่กับที่ และกำหนดให้สถานีดาวเทียมภาคพื้นดินที่เป็นจานตะแกรงขนาด 1.5 เมตร อยู่ในตำแหน่งที่ห่างจากสถานีฐานของระบบเทคโนโลยี 5G ที่ระยะ 150 เมตร ซึ่งในการทดลองนี้ได้ดำเนินการทดสอบโดยให้จานสายอากาศของระบบ DTH หันไปในทิศทางเพื่อรับสัญญาณจากดาวเทียมไทยคมที่ตำแหน่งวงโคจร 78.5 องศาตะวันออก ขณะเดียวกันก็อยู่ในแนว Line of sight กับสถานีฐานของระบบเทคโนโลยี 5G และจัดให้ AAU ทำมุม (e-tilt , m-tilt) ที่เหมาะสมกับตำแหน่งจานรับดาวเทียมในแต่ละระยะที่ทำการทดสอบ โดยเริ่มทำการทดสอบที่ระยะห่าง 150 เมตร ระหว่างสองระบบ ซึ่งเป็นระยะห่างมากที่สุดเท่าที่ทำได้ และยังคงรักษาเงื่อนไขที่จานรับสัญญาณดาวเทียมและสถานีฐานระบบเทคโนโลยี 5G อยู่ในตำแหน่ง Line of Sight

การทดสอบสัญญาณรบกวน แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย

1) การใช้คลื่นความถี่ในช่องเดียวกัน (Co-channel) เป็นผลการทดสอบเมื่อใช้ Consumer full C-band LNB ทั่วไป รับสัญญาณได้ตั้งแต่ 3.4-4.2 GHz ที่ระยะห่าง 150 เมตร ระหว่างสถานีฐานระบบเทคโนโลยี 5G และจานรับดาวเทียมโดยให้สถานีฐาน 5G เปิดกำลังส่งต่ำสุด 0.1 Watt (20 dBm) พบว่าทำให้สัญญาณภาพหยุดนิ่ง หรือเป็นโมเสก (Mosaic) หรือภาพหายไป จึงไม่สามารถหาค่ากำลังส่งที่ต่ำกว่านี้โดยที่ระบบ DTH ยังคงรับสัญญาณได้

LNB type/ Conditions	**Transmitted Power of 5G Base Station** (Max 5G base station antenna gain of 25 dBi) **(Co-channel)**	
	5G carrier: F: 3400-3500 MHz BW: 100 MHz	5G carrier: F: 3447-3487 MHz BW: 40 MHz
Consumer full C-band LNB	0.1 W (DTH signal lost)	0.1 W (DTH signal lost)

2) การใช้คลื่นความถี่ในช่องข้างเคียง (Adjacent channel)

- **กรณีใช้ Consumer Standard C-band LNB** (รับสัญญาณคลื่นความถี่ในช่วง 3.7-4.2 GHz) ที่ระยะห่าง 150 เมตร ระหว่างสถานีฐานระบบเทคโนโลยี 5G และจานรับดาวเทียม แบ่งเป็นกรณีทดสอบดังนี้

กรณีทดสอบที่ 5G BW : 100 MHz , GB : 202 MHz – 1 W (DTH signal detectable)

กรณีทดสอบที่ 5G BW: 40 MHz , GB: 215 MHz - 0.1 W and 1 W (DTH signal detectable)

กรณีทดสอบที่ 5G BW: 100 MHz , GB: 102 MHz - 0.1 W (DTH signal lost)

กรณีทดสอบที่ 5G BW: 40 MHz , GB: 102 MHz - 0.1 W (DTH signal detectable)

- **กรณีใช้ 5G Protection LNB** ที่ได้รับการออกแบบปรับปรุงประสิทธิภาพในการตัด สัญญาณรบกวน 5G (รับสัญญาณคลื่นความถี่ในช่วง 3.7-4.2 GHz) ที่ระยะห่าง 150 เมตร ระหว่างสถานีฐานระบบเทคโนโลยี 5G และจานรับดาวเทียม ตามตารางด้านล่าง

LNB type/ Conditions	**Max transmitted Power of 5G Base Station that DTH signals still detectable** (Max 5G base station antenna gain of 25 dBi) - **(Adjacent-channel)**			
	5G BW: 100 MHz GB: 202 MHz	**5G BW: 40 MHz GB: 162 MHz**	**5G BW: 100 MHz GB: 102 MHz**	**5G BW: 40 MHz GB: 102 MHz**
5G protection LNB #1	40 W (DTH signal detectable)	190 W (DTH signal detectable)	50 W (DTH signal detectable)	150 W (DTH signal detectable)
5G protection LNB #2	40 W (DTH signal detectable)	50 W (DTH signal freeze)	40 W (DTH signal freeze)	40 W (DTH signal freeze)
5G protection LNB #3	80 W (DTH signal detectable)	200 W (DTH signal detectable)	80 W (DTH signal detectable)	180 W/ 200 W (DTH signal detectable)

3) การเกิด LNB overdrive เป็นการศึกษาการรบกวนจากการได้รับสัญญาณของสถานีฐานระบบเทคโนโลยี 5G ที่มีกำลังแรงจนทำให้เกิด Overdrive ในอุปกรณ์ขยายสัญญาณภาครับของระบบ DTH ซึ่งจะทดสอบโดยการปรับกำลังส่งของระบบเทคโนโลยี 5G จนเป็นผลให้เกิด Intermodulation และ noise floor ยกตัวขึ้นจนพบว่าภาครับ ของระบบ DTH ไม่สามารถรับสัญญาณโทรทัศน์ได้อีก รวมทั้งมีการปรับค่ากำลังส่งเพื่อหาจุดที่ค่ากำลังส่งแรงสุดที่ยังทำให้ระบบ DTH ยังคงสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ ในกรณีนี้จะใช้ Consumer full C-band LNB ทั่วไป รับสัญญาณได้ตั้งแต่ 3.4-4.2 GHz ที่ระยะห่าง 150 เมตร ระหว่างสถานีฐานระบบเทคโนโลยี 5G และจานรับดาวเทียม โดยเลือกช่องสัญญาณของระบบ DTH ที่มีความถี่ห่างจากช่องสัญญาณของระบบเทคโนโลยี 5G อย่างน้อย 500 MHz แสดงผลการทดสอบตามตารางด้านล่าง

LNB type	**Transmitted Power of 5G base station** (Max 5G base station antenna gain of 25 dBi) **(LNB Overdrive)** 5G carrier at 3467 MHz (BW 40 MHz) , DTH carrier at 4009 MHz (BW 18 MHz) (GB between two system's carriers > 500 MHz)		
	0.1 W	**1 W**	**10 W**
Consumer full C-band LNB	DTH signal detectable (signal quality decreased found)	DTH signal freeze (intermodulation under DTH carrier found)	DTH signal lost, IRD status: unlocked (noise floor raised found)

ผลการคำนวณระยะห่างใกล้ที่สุด (Minimum separation distance) ระหว่างสองระบบ โดยอ้างอิงจากกำลังส่งของระบบเทคโนโลยี 5G และระยะห่างที่ได้จากการทดสอบ และเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ ITU-R ที่ทำให้ระบบ DTH ยังคงสามารถรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมได้เป็นปกติ โดยทำการเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ ITU-R ตามตารางด้านล่าง

LNB type/ Conditions	**Min separation distance between 5G BS and satellite earth station (Adjacent-channel interference)**

	Result from ITU-R Studies (WRC-2015) (no Guardband)	5G Power 200 W 5G BW 100 MHz (With GB 102 MHz)	5G Power 200 W 5G BW 40 MHz (With GB 162 MHz)
5G Protection LNB#1	Up to tens of kilometers	300 m	154 m
5G Protection LNB#2		> 335 m	> 300 m
5G Protection LNB#3		240 m	150 m

ข้อสรุปการทดสอบ

จากการทดสอบพบว่า กิจการโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากล (IMT) โดยระบบเทคโนโลยี 5G และกิจการประจำที่ผ่านดาวเทียมในระบบ DTH ไม่สามารถใช้คลื่นความถี่ร่วมกันในย่านความถี่เดียวกันได้ เนื่องจากการใช้งานระบบ DTH จะได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงจากสัญญาณรบกวนที่มาจากระบบเทคโนโลยี 5G รวมถึงการใช้คลื่นความถี่ในกิจการโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากล (IMT) ด้วยระบบเทคโนโลยี 5G ในย่านความถี่ 3.4-3.6 GHz (Extended C-band) ส่งผลกระทบต่อการใช้งานระบบ DTH ในย่านความถี่ 3.7-4.2 GHz (Standard C-band) ถึงแม้จะทำการเปลี่ยนมาใช้ LNB แบบทั่วไปที่รับเฉพาะสัญญาณคลื่นความถี่ย่าน 3.7-4.2 GHz แล้วก็ตาม ซึ่งการเปลี่ยนมาใช้ LNB แบบ 5G Protection (ได้รับการออกแบบให้มีประสิทธิภาพในการตัดสัญญาณรบกวนที่สูงขึ้น) จะสามารถช่วยบรรเทาผลกระทบ อย่างไรก็ตาม การใช้คลื่นความถี่ติดกันในลักษณะนี้นอกจากการเปลี่ยน LNB ดังกล่าวแล้ว การติดตั้งอุปกรณ์ทั้งสองระบบยังจำเป็นต้องกำหนดระยะห่าง (Separation distance) และขนาดความกว้างของความถี่ Guard band ระหว่างสองระบบ รวมทั้งกำหนดค่ากำลังส่ง และขนาดแบนด์วิดท์ (Input signal bandwidth) ของระบบเทคโนโลยี 5G ที่เหมาะสม จึงจะสามารถลดผลกระทบต่อการใช้คลื่นความถี่ย่าน 3.7-4.2 GHz ของกิจการประจำที่ผ่านดาวเทียมในระบบ DTH ได้

ข้อเสนอแนะ

เพื่อเป็นการลดผลกระทบปัญหาสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นต่อการใช้งานในระบบ DTH จากสรุปผลการทดสอบ ควรพิจารณาดำเนินการดังต่อไปนี้

1. เปลี่ยนอุปกรณ์มาใช้ LNB แบบ 5G Protection ซึ่งได้รับการออกแบบปรับปรุงประสิทธิภาพในการตัดสัญญาณรบกวนจากระบบเทคโนโลยี 5G ในย่าน 3.4-3.6 GHz และกำหนดค่า Image Rejection ของ LNB ที่เหมาะสมให้ชัดเจนเพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานในการนำมาใช้ปฏิบัติต่อไป
2. กำหนดระยะห่าง(Separation distance)และขนาดความกว้างของความถี่ Guard band ระหว่างสองระบบ
3. กำหนดค่ากำลังส่ง และขนาดแบนด์วิดท์ (Input signal bandwidth) ของระบบเทคโนโลยี 5G ที่เหมาะสม

รวมถึงพิจารณาให้มีการทดสอบการใช้คลื่นความถี่ร่วมกันเพื่อศึกษาผลกระทบในส่วนของกิจการประจำที่ผ่านดาวเทียมที่ใช้งานในระบบ VSAT (Very small aperture terminal)