

# คุณภาพของบริการของโครงข่าย 5G: กรณีศึกษา พื้นที่สถานีรถไฟฟ้าบีทีเอส

## 5G QUALITY OF SERVICE: A CASE STUDY OF BTS SKYTRAIN STATION AREAS

เทอดพงษ์ แดงสี<sup>1</sup>

พนา อังกาบ<sup>2</sup>

พงษ์พิสิฐ วุฒิดิษฐ์โชติ<sup>3</sup>

Therdpong Daengsi<sup>1</sup>

Pana Ungkap<sup>2</sup>

Pongpisit Wuttidittachotti<sup>3</sup>

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ 10800<sup>1 and 2</sup>

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800<sup>3</sup>

Rajamangala University of Technology Phra Nakhon,

Bangkok 10800 Thailand<sup>1 and 2</sup>

King Mongkut's University of Technology North Bangkok,

Bangkok 10800 Thailand<sup>3</sup>

Corresponding E-mail: [therdpong.d@rmutp.ac.th](mailto:therdpong.d@rmutp.ac.th)

Received Date September 7, 2021  
Revised Date March 28, 2023  
Accepted Date March 31, 2023

## บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพการให้บริการโครงข่าย 5G ในประเทศไทยของผู้ให้บริการ 2 ราย โดยทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ที่นิยมใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพเครือข่ายอินเทอร์เน็ต 5 ค่า ได้แก่ ค่าความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูล ค่าความเร็วในการอัปโหลดข้อมูล ค่าเวลาแฝง ค่าจitter และค่าสูญเสียผ่าน 4 แอปพลิเคชัน คือ nPerf, Opensignal, Speedtest และ Speed Master ภายในพื้นที่สถานีรถไฟฟ้าบีทีเอส 60 สถานี จากนั้นผู้วิจัยนำค่าที่ทดสอบได้มาคำนวณค่าเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพการให้บริการ ผลการศึกษาพบว่า ค่าความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูลเท่ากับ 240.3 เมกะบิตต่อวินาที ค่าความเร็วในการอัปโหลดข้อมูลเท่ากับ 87.3 เมกะบิตต่อวินาที สำหรับค่าเฉลี่ยของค่าเวลาแฝง ค่าเวลาจitter และค่าความสูญเสียจากผู้ให้บริการทั้ง 2 ราย เท่ากับ 19 มิลลิวินาที 8 มิลลิวินาที และร้อยละ 0.299 ตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเร็วจากผลการศึกษานี้กับผลการศึกษาในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกที่เคยแสดงไว้ในรายงานเรื่อง Benchmarking the Global 5G Experience - April 2021 และ Benchmarking the 5G Experience - Asia Pacific - June 2021 พบว่า ความเร็วในการดาวน์โหลดที่ได้จากการศึกษานี้อยู่ในอันดับที่ 4 ในขณะที่ความเร็วในการอัปโหลดอยู่ในอันดับที่ 1 อย่างไรก็ตาม พื้นที่ทดสอบในการศึกษาครั้งนี้ ครอบคลุมเฉพาะสถานีรถไฟฟ้าบีทีเอส ซึ่งทำการทดสอบในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2564 เท่านั้น

**คำสำคัญ:** เทคโนโลยี 5G คุณภาพของบริการ ความเร็วในการดาวน์โหลด ความเร็วในการอัปโหลด

## Abstract

This article aims to study the quality of service of 5G networks provided by two major 5G network providers, using a field trial approach in 60 BTS SkyTrain stations. The results from the tests using four applications on a 5G mobile phone showed that the performance of 5G networks provided by the two operators were different. When calculating for average values, it was found that the download speed was 240.3 Mbps and the upload speed was 87.3 Mbps. In addition, it was also found that the average latency, the average jitter, and the average loss from both operators were 19 ms, 8 ms and 0.299% respectively. Comparing the average values from the results of this study with the results of other studies in the Asia-Pacific region, namely Benchmarking the Global 5G Experience - April 2021 and Benchmarking the 5G Experience - Asia-Pacific - June 2021, which were undertaken during similar period of time, it was found that the download speed in Bangkok ranked fourth where as the upload speed ranked first. However, it must be noted that this study was undertaken during May 2021 and covered only the area of BTS SkyTrain stations.

**Keywords:** 5G Technology, Quality of service, Download speed, Upload speed

## 1. บทนำ

เทคโนโลยีโทรคมนาคมเคลื่อนที่ยุคที่ 5 (The fifth generation of mobile communications technology: 5G) หรือเทคโนโลยี 5G เป็นมาตรฐานโทรคมนาคมที่ได้รับการพัฒนาหลักการและส่งเสริมโดยสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Telecommunication Union: ITU) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่อยู่ภายใต้การสหประชาชาติ ทั้งนี้ ITU ได้จัดทำข้อกำหนดสำหรับ 5G ในรูปแบบของมาตรฐาน IMT-2020 (เทอดพงษ์ แดงสี และ พิสิฐ พรพงศ์เตชวานิช, 2562, น. 167) โดยได้เริ่มมีการส่งเสริมและพัฒนาหลักการดังกล่าวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 (ค.ศ. 2014) (ETSI, n.d.)

ในทางทฤษฎี เทคโนโลยี 5G มีคุณสมบัติหลายด้านที่ดีกว่าเทคโนโลยี 4G เดิม ซึ่งอธิบายได้พอสังเขป ดังนี้ (เทอดพงษ์ แดงสี และ พิสิฐ พรพงศ์เตชวานิช, 2562, น. 172; ETSI, n.d.)

- 1) สามารถรับส่งข้อมูลสูงสุดไม่น้อยกว่า 20 กิกะบิตต่อวินาที
- 2) สามารถสร้างประสบการณ์ที่ดีให้กับผู้ใช้งานด้วยอัตราการรับส่งข้อมูลเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 100 เมกะบิตต่อวินาที

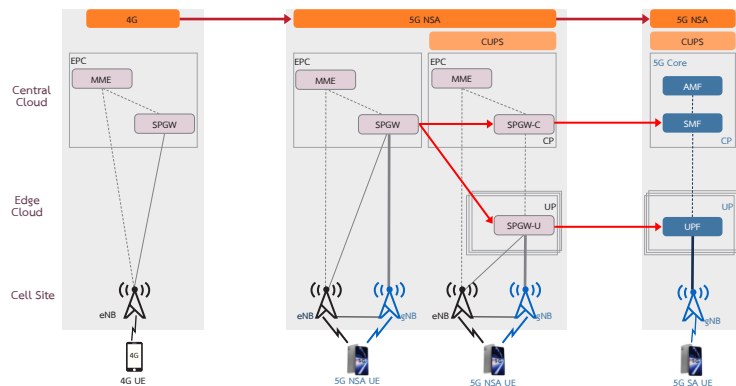
- 3) สามารถใช้คลื่นความถี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่า 3 เท่า เมื่อเทียบกับ 4G
- 4) สามารถใช้งานบนยานพาหนะที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงถึง 500 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
- 5) สามารถลดค่าประวิงเวลาภายในเครือข่ายลงเหลือไม่เกิน 1 มิลลิวินาที
- 6) สามารถรองรับการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้พร้อมกันไม่น้อยกว่า 1 ล้านตัวต่อตารางกิโลเมตร
- 7) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานได้ถึง 100 เท่า
- 8) รองรับการจัดสรรของข้อมูลในพื้นที่ 1 ตารางเมตรได้ไม่น้อยกว่า 10 กิโลบิตต่อวินาที

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าในทางทฤษฎี เทคโนโลยี 5G จะมีคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ดีเยี่ยม แต่ในทางปฏิบัติผู้ใช้งานยังไม่สามารถใช้งานคุณสมบัติเหล่านั้นได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เช่น ประเด็นการรับส่งข้อมูล มีรายงานเรื่อง Benchmarking the Global 5G Experience - April 2021 ของบริษัท Opensignal (Fogg, 2021a) ระบุว่า ค่าเฉลี่ยของความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูลสูงที่สุด เฉลี่ย 415.6 เมกะบิตต่อวินาที ณ เมืองจอนจู สาธารณรัฐเกาหลี (เกาหลีใต้) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูลของทั้งประเทศระบุว่า อันดับหนึ่งคือ สาธารณรัฐเกาหลี (เกาหลีใต้) 380.5 เมกะบิตต่อวินาที อันดับที่สองและอันดับที่สามคือ สาธารณรัฐจีน (ไต้หวัน) 353.35 เมกะบิตต่อวินาที และเครือรัฐออสเตรเลีย 242.15 เมกะบิตต่อวินาที ส่วนค่าเฉลี่ยของความเร็วในการอัปโหลดข้อมูลของทั้งประเทศระบุว่า อันดับหนึ่งคือสาธารณรัฐจีน (ไต้หวัน) 51.8 เมกะบิตต่อวินาที และอันดับที่สองคือ สาธารณรัฐเกาหลี (เกาหลีใต้) 30.6 เมกะบิตต่อวินาที (Fogg, 2021a)

สำหรับประเทศไทย รายงาน Benchmarking the 5G Experience - Asia Pacific - June 2021 ซึ่งเป็นรายงานอีกฉบับของ Opensignal (Fogg, 2021b) ระบุว่า ความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูล (Download speed) ของโครงข่าย 5G ในประเทศไทยเฉลี่ยอยู่ที่ 122.5 เมกะบิตต่อวินาที และความเร็วในการอัปโหลดข้อมูล (Upload speed) เฉลี่ยอยู่ที่ 26.4 เมกะบิตต่อวินาที ซึ่งทั้ง 2 ค่าไม่สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากการศึกษาในระยะนำร่องของ Daengsi et al. (2021) ในพื้นที่หนึ่งในเขตกรุงเทพมหานครที่รายงานว่ามีความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูลของโครงข่าย 5G ในประเทศไทยเฉลี่ย 299.2 เมกะบิตต่อวินาที และมีความเร็วในการอัปโหลดข้อมูลเฉลี่ย 64.4 เมกะบิตต่อวินาที ทั้งนี้ Daengsi & Wuttidittachotti (2020) เคยตั้งข้อสังเกตถึงความน่าเชื่อถือของที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ยของความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูลจากรายงานของ Opensignal ที่เคยรายงานเกี่ยวกับความเร็วในการรับส่งข้อมูลของโครงข่าย 4G ในประเทศไทย

หนึ่งในสาเหตุที่คุณภาพของบริการของโครงข่าย 5G ในปัจจุบันยังห่างไกลจากที่ ITU กำหนด นอกจากเกิดจากข้อจำกัดต่าง ๆ คือ ข้อจำกัดจากการที่ผู้ให้บริการที่ยังไม่สามารถนำความถี่ย่านไฮแบนด์ (High-band) หรือมิลลิเมตรเวฟ (Millimeter wave: mmWave) เช่น ความถี่ย่าน 26 กิกะเฮิรตซ์ มาใช้ได้ ณ เวลานี้

(O'Donnell, 2019) เนื่องจากจะต้องลงทุนในการวางระบบต่าง ๆ ใหม่ด้วยงบประมาณมูลค่ามหาศาล ดังนั้นในระยะเริ่มต้นนี้ ผู้ให้บริการโครงข่าย 5G จึงใช้วิธีการนำโครงข่าย 4G ที่มีอยู่แล้วมาประยุกต์เข้ากับเทคโนโลยีสำหรับโครงข่าย 5G เพื่อให้สามารถให้บริการ 5G ได้ โดยเรียกว่า 5G แบบ Non-Standalone (5G NSA) ดังภาพที่ 1 (Son, 2019)



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนผ่านจาก 4G เป็น 5G

ที่มา: Son (2019)

อย่างไรก็ตาม ในอนาคตที่ผู้ให้บริการโครงข่าย 5G สามารถวางโครงข่าย 5G ได้เสร็จสมบูรณ์ ผู้ใช้งานก็จะได้รับคุณภาพของบริการที่ดีขึ้นของ 5G แบบ Standalone (5G SA) ทั้งนี้ เครื่องโทรศัพท์ของผู้ใช้งานก็ต้องรองรับ 5G SA ได้ด้วย (Gimme, 2020)

นอกจากการศึกษารายงานของ Opensignal (Fogg, 2021a; 2021b) แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยภาคสนามอื่นๆ ที่น่าสนใจเพื่อศึกษาถึงระเบียบวิธีวิจัย

อนึ่ง แม้ว่าจะพบงานวิจัยที่ศึกษากับประสิทธิภาพของโครงข่ายอื่น เช่น 3G (พงศ์ปนต์ สุขปาน, 2558; วรวุฒิ ศาลางาม, 2558; Chimmanee et al., 2015) แต่ในบทความนี้ทำการนำเสนอเฉพาะบทความที่มีการทดสอบประสิทธิภาพของ 5G ภาคสนามหรือบทความที่มีประเด็นใกล้เคียงกับบทความนี้เท่านั้น ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่า มีการทดสอบประสิทธิภาพของโครงข่าย 5G ในภาคสนามด้วยการวัดหรือศึกษาพารามิเตอร์ของคุณภาพของบริการในหลายประเทศ และพบว่าหากไม่นับรวมบทความของ Daengsi et al. (2021) ที่เคยได้มีการศึกษาบริเวณสถานีรถไฟฟ้ามหานครไปบางส่วนแล้ว ยังมีงานวิจัยที่มีประเด็นน่าสนใจอยู่ 2 บทความ ได้แก่ Okano et al. (2020) ที่มีการทดสอบสัญญาณ 28 กิกะเฮิรตซ์ ของโครงข่าย 5G บริเวณชานชาลาสถานีรถไฟฟ้ามหานครที่ญี่ปุ่น ซึ่งคล้ายกับการศึกษาในบทความนี้ และ Zhao et al., (2020) ที่มีการทดสอบภาคสนามกับ 5G แบบ NSA ซึ่งเป็นการให้บริการโครงข่าย 5G ในระยะเปลี่ยนผ่านจาก 4G เป็น 5G โดยที่ยังอาศัยบางส่วนของโครงข่าย 4G เพื่อให้บริการ

**ตารางที่ 1** งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

| อ้างอิง                            | ค่าคุณภาพของบริการที่เกี่ยวข้อง |                |              |         |        |      | พารามิเตอร์อื่น | โครงข่าย |    | ลักษณะการทดสอบ |            | เครื่องมือ                            | ประเทศ / หมายเหตุ                                                       |
|------------------------------------|---------------------------------|----------------|--------------|---------|--------|------|-----------------|----------|----|----------------|------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
|                                    | Throughput                      | Download Speed | Upload Speed | Latency | Jitter | Loss |                 | 4G       | 5G | อยู่กับที่     | เคลื่อนที่ |                                       |                                                                         |
| Abozariba et al. (2019)            | ✓                               | -              | -            | ✓       | -      | -    | RSSI            | -        | ✓  | ✓              | -          | เค้าโครงงานการเฝ้าระวัง               | สหราชอาณาจักร<br>บริเตนใหญ่และ<br>ไอร์แลนด์เหนือ<br>(พื้นที่กรุงลอนดอน) |
| Daengsi et al. (2021)              | -                               | ✓              | ✓            | ✓       | -      | ✓    | -               | -        | ✓  | ✓              | -          | Speedtest                             | ไทย<br>(สถานีหลักของรถไฟฟ้าบีทีเอส 11 สถานี)                            |
| Daengsi & Wuttidittachotti, (2020) |                                 | ✓              | ✓            | ✓       | ✓      | ✓    | -               | ✓        |    | ไม่ระบุ        |            | MIQ                                   | ไทย                                                                     |
| Huang et al. (2020)                | ✓                               | ✓              | -            | ✓       | -      | -    | -               | -        | ✓  | ✓              | ✓          | เครื่องมือง่าย<br>Microsoft Azure     | สหรัฐอเมริกา<br>(ใน 3 เมือง)                                            |
| Kutilla et al. (2020)              | -                               | -              | -            | ✓       | -      | -    | RSRP            | -        | ✓  | -              | ✓          | ไม่ระบุ                               | สาธารณรัฐฟินแลนด์                                                       |
| Liu et al. (2020)                  | -                               | ✓              | ✓            | -       | -      | -    | -               | -        | ✓  | ไม่ระบุ        |            | Speedtest.cn                          | สาธารณรัฐประชาชนจีน (ใน 105 เมือง)                                      |
| Okano et al. (2020)                | ✓                               | -              | -            | -       | -      | -    | RSRP, SNR       | -        | ✓  | ✓              | ✓          | nPerf                                 | ญี่ปุ่น                                                                 |
| Okumura et al. (2019)              | ✓                               | ✓              | ✓            | -       | -      | -    | -               | -        | ✓  |                |            | ไม่ระบุ                               |                                                                         |
| Situmorang et al. (2019)           | ✓                               | -              | -            | -       | -      | -    | -               | -        | ✓  | ✓              | -          | อุปกรณ์ยี่ห้อ Huawei                  | สาธารณรัฐอินโดนีเซีย                                                    |
| Tahir et al. (2019)                | ✓                               | ✓              | ✓            | ✓       | -      | ✓    | -               | ✓        | ✓  | -              | ✓          | สคริปต์ Python และคอมพิวเตอร์พีซีบนรถ | สาธารณรัฐฟินแลนด์                                                       |
| Zhao et al. (2020)                 | ✓                               | ✓              | ✓            | ✓       | -      | -    | MOS             | ✓        | ✓  | -              | ✓          | ไม่ระบุ                               | สาธารณรัฐประชาชนจีน / 5G NSA                                            |

## 2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาคุณภาพการให้บริการโครงข่าย 5G ของผู้ให้บริการในประเทศไทย 2 ราย โดยวัดค่าพารามิเตอร์ 5 ประเภท ที่นิยมใช้เป็นตัวชี้วัดสำหรับการตรวจสอบคุณภาพของบริการบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งประกอบด้วย

- 1) ค่าความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูล (Download)
- 2) ค่าความเร็วในการอัปโหลดข้อมูล (Upload)
- 3) ค่าเวลาแฝง (Latency) (ซึ่งบางครั้งแทนด้วยค่าประวิงเวลา (Delay))
- 4) ค่าจิตเตอร์ (Jitter)
- 5) ค่าสูญเสีย (Loss)

2.2 เพื่อนำผลการทดสอบความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูล (Download speed) ของโครงข่าย 5G ในประเทศไทย มาได้แย้งรายงานการศึกษาของ Opensignal (Fogg, 2021b)

2.3 เพื่อนำเสนอผลการศึกษาที่มีข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับคุณภาพของบริการของโครงข่าย 5G ในพื้นที่ศึกษาในประเทศไทยเพื่อพิสูจน์ให้เห็นถึงความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยี 5G ที่กำลังมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องในประเทศไทย ซึ่งคาดว่าจะกลายเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อสังคมและเศรษฐกิจของประเทศ

## 3. ขอบเขตการศึกษา

### 3.1 ระดับการทดสอบ

เนื่องจากการศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองด้วยมุมมองของผู้ใช้งานหรือผู้บริโภค ซึ่งถือเป็นการศึกษาหรือทดสอบในระดับแอปพลิเคชัน เมื่อเทียบกับแบบจำลอง OSI (Open Systems Interconnection)

### 3.2 ช่วงเวลาทดสอบ

- 1) ระหว่างวันที่ 10-15 พฤษภาคม พ.ศ. 2564 ครอบคลุม 6 วันของสัปดาห์
- 2) ช่วงเวลา 8.00-18.00 น. ครอบคลุมช่วงเวลาที่ผู้ใช้บริการ

### 3.3 วิธีการทดสอบ

สำหรับวิธีการทดสอบในการศึกษานี้ ผู้วิจัยอ้างอิงจากวิธีการศึกษาที่ Daengsi et al. (2021) และ Okano et al. (2020) ได้เคยทำการศึกษาไว้ ซึ่งเป็นการทดสอบภาคสนามกับ 5G ในลักษณะอยู่กับที่ ซึ่งถือเป็นวิธีการที่ได้รับการยอมรับทั้งในวงวิชาการและในอุตสาหกรรมโทรคมนาคม โดยผู้วิจัยได้ทำการทดสอบอย่างเป็นระบบ (เฉลี่ยวันละ 10 สถานีโดยไม่ซ้ำกัน ยกเว้นสถานีสยามที่เป็นชุมทาง ที่เก็บข้อมูล 2 รอบ) และใช้โทรศัพท์ 5G จำนวน 1 เครื่องที่สามารถรองรับได้ 2 ซิมการ์ด (ดังที่ได้มีการระบุไว้ในตารางที่ 2) เพื่อให้สามารถใส่ซิมการ์ดของ OperX และ OperY ได้ และสามารถทดสอบต่อเนื่องกันได้ ณ แต่ละจุดทดสอบ โดยสลับกันทดสอบ ซึ่งการสลับแต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 4-5 นาที แม้จะไม่ใช้การทดสอบในเวลาเดียวกัน แต่ก็ถือว่าอยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน ไม่ได้ต่างกันเป็นชั่วโมงหรือต่างเป็นวัน นอกจากนี้ ในการเริ่มต้นทดสอบ จุดใหม่จะมีการสลับการเริ่มทดสอบ เช่น ที่จุด A เริ่มด้วย OperX เมื่อย้ายไปจุด B จะเริ่มด้วย OperY

### 3.4 แพ็กเกจที่ใช้ทดสอบ

เป็นแพ็กเกจที่รองรับบริการ 5G แบบไม่จำกัด ซึ่งผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย ณ ช่วงเวลาที่ทำการทดสอบและเก็บข้อมูลมี 4 ราย ผู้วิจัยคัดเลือกจาก 2 ใน 4 ราย ทั้งนี้ ผู้วิจัยไม่สามารถเปิดเผยวิธีการคัดเลือกผู้ให้บริการหรือผู้ประกอบการโครงข่าย 5G ได้ เนื่องจากไม่ประสงค์ให้เกิดการคาดเดาว่าผู้ให้บริการหรือผู้ประกอบการโครงข่าย 5G ในการศึกษานี้คือผู้ให้บริการรายใด

### 3.5 จุดทดสอบและพื้นที่ทดสอบ

การศึกษานี้อยู่ในบริเวณสถานีรถไฟฟ้ามหานคร ซึ่งมีหลายสถานีที่อยู่ใจกลางกรุงเทพมหานคร เช่น สถานีสยาม สถานีโอโซน และสถานีสีลม และเป็นบริเวณที่มีประชาชนสัญจรผ่านไปมาในแต่ละสถานีเป็นจำนวนมาก จึงอนุมานได้ว่า ผู้ให้บริการ 5G แต่ละรายต่างเล็งเห็นถึงความสำคัญ จึงมีการติดตั้งเสาสัญญาณเพื่อให้บริการ 5G ครอบคลุมสถานีต่าง ๆ ของรถไฟฟ้ามหานครแล้ว (อภิปรายไว้ใน 5.1.3 แล้ว)

สำหรับพื้นที่ทดสอบ คือ บริเวณสถานีรถไฟฟ้ามหานคร สายสุขุมวิท (คูคต จังหวัดปทุมธานี-เคหะฯ สมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ) และสายสีลม (สนามกีฬาแห่งชาติ-บางหว้า) รวม 60 สถานีทดสอบ สถานีละ 4 จุด จุดละ 4 แอปพลิเคชัน (ชั้นจำหน่ายตั๋ว 3 จุด และชั้นชานชาลาที่อยู่ติดกับชั้นจำหน่ายตั๋ว 1 จุด)

## 4. วิธีการศึกษา

### 4.1 การออกแบบการทดสอบ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง ที่ออกแบบให้มีการทดสอบภาคสนามในพื้นที่สถานีรถไฟฟ้าบีทีเอส เป็นพื้นที่หลักเนื่องจากเป็นบริเวณที่มีผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่จำนวนมาก โดยข้อมูลที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและการเลือกใช้เครื่องมือในการทดสอบได้แสดงไว้ในตารางที่ 2

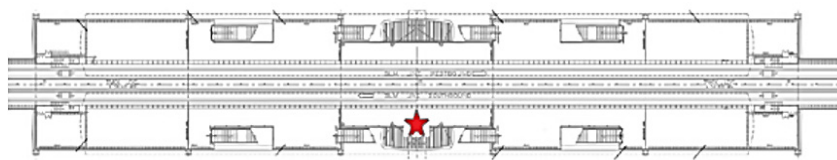
ในการศึกษานี้ผู้วิจัยเลือกศึกษาบริเวณสถานีรถไฟฟ้าบีทีเอส เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีประชาชนสัญจรผ่านไปมาในแต่ละสถานีเป็นจำนวนมาก ซึ่งได้แนวคิดจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ เช่น Okano et al. (2020) ที่มีการทดสอบภาคสนามบริเวณชานชาลาของสถานีรถไฟฟ้าในประเทศญี่ปุ่น และงานวิจัยที่เคยมีการดำเนินการในประเทศไทย เช่น พงศ์ปณต สุขปาน (2558) วรวุฒิ ศาลางาม (2558) และ Chimmanee et al. (2015) โดยการศึกษาทำการทดสอบทั้งสายสัญญาณ และสายสลิ้ม เพราะวิ่งผ่านย่านธุรกิจและพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่น โดยเฉพาะสถานีหลัก 11 สถานี ได้แก่ หัวแยกลาดพร้าว หมอชิต อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ พญาไท สยาม ศาลาแดง ช่องนนทรี โอโศก พร้อมพงษ์ อ่อนนุช และอุดมสุข ซึ่งเป็นสถานีที่มีผู้ใช้บริการเฉลี่ยวันละ 15,000 - 20,000 คนต่อวัน (Daengsi et al., 2021) โดยดำเนินการทดสอบอย่างเป็นระบบ (เฉลี่ยวันละ 10 สถานีโดยไม่ซ้ำกัน ยกเว้นสถานีสยามที่เป็นชุมทางที่เก็บข้อมูล 2 รอบ) ในระหว่างวันที่ 10 - 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2564 ซึ่งครอบคลุม 6 วันของสัปดาห์ ในช่วงเวลา 8.00 - 18.00 น. ซึ่งครอบคลุมช่วงเวลาที่ผู้ใช้บริการรถไฟฟ้ารวม 10 ชั่วโมง โดยเวลาในการทดสอบ ณ แต่ละสถานี ใช้รูปแบบการสุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน

อย่างไรก็ตาม ในการทดสอบแต่ละสถานีเพื่อทดสอบและเก็บข้อมูลคุณภาพของบริการ ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีการทดสอบสถานีละ 4 จุด จุดละ 4 แอปพลิเคชัน (ขึ้นจำหน่วยตัว 3 จุด และชั้นชานชาลาที่อยู่ติดกับขึ้นจำหน่วยตัว 1 จุด ดังแสดงในภาพที่ 2) โดยทดสอบกับโครงข่าย 5G ของผู้ให้บริการ 2 ราย ด้วยเครื่องโทรศัพท์ที่รองรับ 5G ได้ เมื่อทดสอบเสร็จแต่ละครั้ง ผู้ทดสอบมีการบันทึกภาพหน้าจอทุกครั้ง เพื่อนำกลับไปบันทึกข้อมูลในภายหลัง

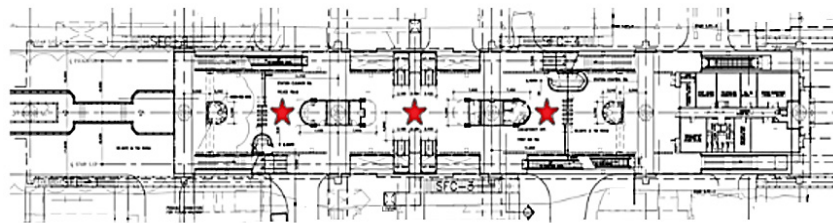
#### ตารางที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการทดสอบและเครื่องมือ

| รายการ                | รายละเอียด                                                                                                                                                  |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| พื้นที่ที่ทดสอบ       | บริเวณสถานีรถไฟฟ้าบีทีเอส<br>สายสุขุมวิท (คูคต จังหวัดปทุมธานี-เคหะฯ สมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ) และ<br>สายสีลม (สนามกีฬาแห่งชาติ-บางหว้า) รวม 60 สถานี |
| วัน-เวลาที่ทดสอบ      | 1) 10 - 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2564 ครอบคลุม 6 วันของสัปดาห์ที่ทำการทดสอบ<br>2) เวลา 8:00 - 18:00 น. ครอบคลุมช่วงเวลาที่ผู้ใช้บริการ                               |
| จำนวนโครงข่ายที่ทดสอบ | 2 โครงข่าย จากผู้ให้บริการ 2 ราย                                                                                                                            |

| รายการ                 | รายละเอียด                                                         |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| เครื่องโทรศัพท์        | โทรศัพท์ 5G จำนวน 1 เครื่อง 2 ซิม                                  |
| แพ็คเกจที่ใช้ทดสอบ     | แบบไม่จำกัด (Unlimited) จากผู้ให้บริการ 2 ราย                      |
| แอปพลิเคชันที่ใช้ทดสอบ | 4 แอปพลิเคชัน ได้แก่ nPerf, Opensignal, Speedtest และ Speed Master |
| ปริมาณข้อมูลที่เก็บ    | 1,920 รายการ                                                       |



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 มุมมองด้านบนสถานีรถไฟฟ้ามหานคร (ก) จุดทดสอบบนชั้นนานาชาติ (ข) จุดทดสอบบนชั้นจำหน่ายตั๋ว

## 4.2 เครื่องมือหลักที่ใช้ในการทดสอบ มีดังนี้

4.2.1 โทรศัพท์มือถือหนึ่ง ซึ่งรองรับได้ 2 ซิมการ์ด (Subscriber Identity Module Card: SIM Card) และมีประสิทธิภาพสูงเมื่อเทียบกับหลายรุ่นของหลายยี่ห้อ ณ ช่วงเวลานั้น เพราะหากใช้รุ่นที่มีประสิทธิภาพต่ำ อาจทำให้ได้ผลการทดสอบที่ต่ำกว่าที่ควรจะเป็นเนื่องจากติดข้อจำกัดเรื่องประสิทธิภาพของหน่วยประมวลผลของเครื่องโทรศัพท์ที่ใช้เป็นเครื่องมือ โดยเครื่องโทรศัพท์ที่เลือกใช้ในการศึกษานี้ใช้ชิปเซ็ต Kirin 990 5G ซึ่งมีหน่วยประมวลผลแบบ Octa-core และใช้เทคโนโลยี 7nm มีหน่วยความจำ RAM 8 GB + ROM 128 GB และสามารถรองรับคลื่นความถี่ที่มีการอนุญาตให้ให้บริการในโครงข่าย 5G ในประเทศไทยในปัจจุบันได้ (GSMArena, n.d.) นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Android ของ Google ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการที่มีส่วนแบ่งการตลาดสูงที่สุดเมื่อเทียบกับระบบปฏิบัติการอื่น คือ มากกว่าร้อยละ 85 (โดยประมาณ) (O'Dea, 2021)

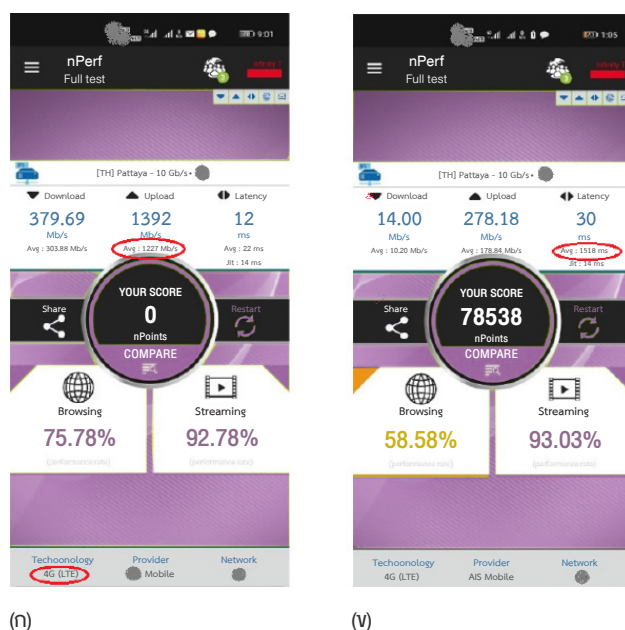
4.2.2 ซิมเลขหมายโทรศัพท์ของผู้ให้บริการ 2 ราย (ในที่นี้จะเรียกว่า OperX และ OperY สำหรับผู้ให้บริการรายที่ 1 และ 2 ตามลำดับ) พร้อมแพ็คเกจที่รองรับบริการ 5G แบบไม่จำกัด ซึ่งเลือกจากผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยซึ่งปัจจุบันมี 4 ราย ประกอบด้วยรัฐวิสาหกิจ 1 ราย

และผู้ประกอบการที่เป็นบริษัทเอกชน 3 ราย โดย 3 รายนี้มียอดรวมผู้ลงทะเบียนประมาณ 42.8 ล้านเลขหมาย 31.2 ล้านเลขหมาย และ 19.1 ล้านเลขหมาย ตามลำดับ (“เปิดสถิติเบอร์มือถือ 3 ค่ายไตรมาสแรก”, 2564)

4.2.3 แอปพลิเคชันทดสอบความเร็วของอินเทอร์เน็ต จำนวน 4 แอปพลิเคชัน ซึ่งเลือกจากรายชื่อแอปพลิเคชันที่มีผู้ใช้งานนิยมใช้งาน และส่วนใหญ่เป็นแอปพลิเคชันที่ผู้ใช้งานและผู้ให้บริการค่อนข้างคุ้นเคย ประกอบด้วย nPerf, Opensignal, Speedtest และ Speed Master ดังแสดงในตารางที่ 2 (Hindy, 2021; Newzoogole, n.d.)

### 4.3 การเก็บข้อมูลจากการทดสอบภาคสนาม

จากการทดสอบและเก็บข้อมูลภาคสนามบริเวณสถานีรถไฟฟ้าบีทีเอส (รวม 4 แอปพลิเคชัน บนสถานีรถไฟฟ้าจำนวน 60 สถานี และ 2 รอบต่อแอปพลิเคชัน จึงเท่ากับมีการเก็บข้อมูลจากทั้ง 60 สถานี รวมทั้งสิ้นแอปพลิเคชันละ 240 ครั้ง เมื่อรวมทั้ง 4 แอปพลิเคชันจึงเท่ากับ 1,920 ครั้ง หลังจากที่ได้มีการรวบรวมข้อมูลในขั้นต้น ได้มีกระบวนการตรวจสอบหาข้อมูลที่มีลักษณะเป็นค่าผิดปกติ (Outliers) แล้วตัดออก เช่น ข้อมูลชุดที่มีค่าความเร็วเฉลี่ยในการอัปโหลดสูงมากกว่า 1,200 เมกะบิตต่อวินาที ทั้งที่เป็นการเชื่อมต่อกับโครงข่าย 4G ไม่ใช่ 5G ซึ่งถือเป็นความผิดปกติ และมีเวลาแฝงมากกว่า 1,500 มิลลิวินาที ซึ่งโดยปกติค่าเวลาแฝงจะมีค่าเพียงหลักหน่วยและหลักสิบมิลลิวินาทีเท่านั้น (ดังแสดงในภาพที่ 3) ก่อนที่จะนำข้อมูลที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ด้วยสถิติแบบพรรณนา แล้วรายงานผลค่าพารามิเตอร์ของคุณภาพของบริการของโครงข่าย 5G ซึ่งแสดงไว้ในหัวข้อผลการศึกษา

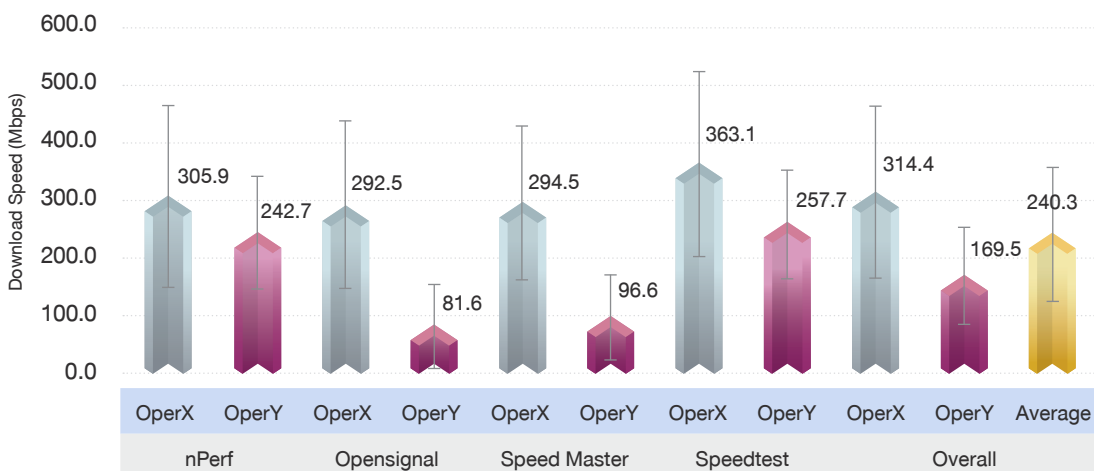


ภาพที่ 3 (ก) ความเร็วในการอัปโหลดสูงผิดปกติทั้งที่เชื่อมต่อโครงข่าย 4G และ (v) ค่าเวลาแฝงเฉลี่ยสูงผิดปกติ

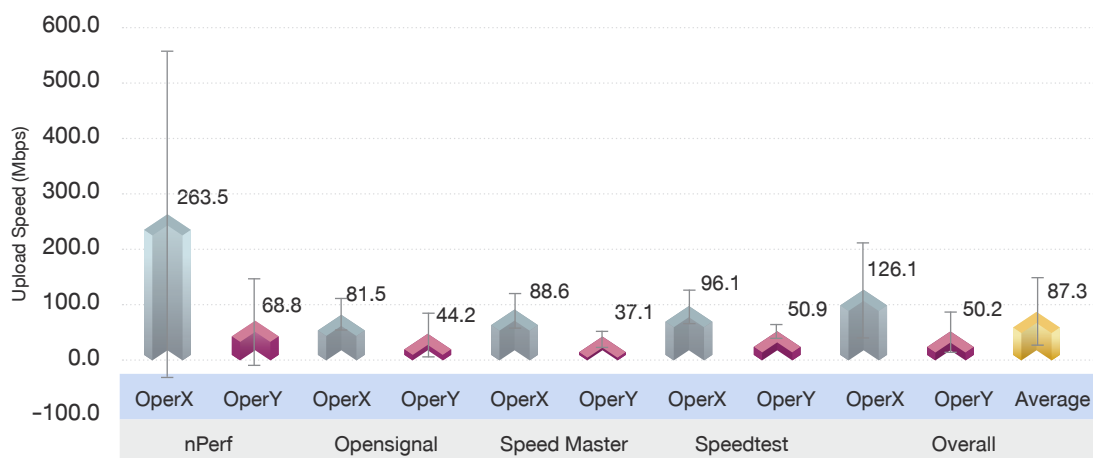
อย่างไรก็ตาม ในการตรวจสอบผลการศึกษาในขั้นต้น ผู้วิจัยพบประเด็นว่า ทุกแอปพลิเคชันสามารถวัดค่าความเร็วในการดาวน์โหลด อัปโหลด และค่าเวลาแฝงได้ แต่บางแอปพลิเคชัน เช่น nPerf และ Opensignal วัดค่าความสูญเสียไม่ได้ แม้แต่แอปพลิเคชัน Speed Master ที่แสดงข้อมูลว่าสามารถวัดค่าความสูญเสียได้ แต่ในทางปฏิบัติพบว่า แสดงค่าความสูญเสียเป็นศูนย์ทุกครั้งที่ทดสอบ โดยพบว่ามีเพียงแอปพลิเคชัน Speedtest เพียงแอปพลิเคชันเดียว (จากทั้ง 4 แอปพลิเคชัน) ที่สามารถวัดค่าความสูญเสียได้

## 5. ผลการศึกษา

ผู้วิจัยวิเคราะห์ด้วยสถิติแบบพรรณนา จากนั้นรายงานผลค่าพารามิเตอร์ของคุณภาพของบริการ ซึ่งประกอบด้วย ค่าความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูล (Download) ค่าความเร็วในการอัปโหลดข้อมูล (Upload) ค่าเวลาแฝง (Latency) ค่าจitter (Jitter) และค่าสูญเสีย (Loss) ซึ่งเมื่อทำการหาค่าเฉลี่ยของค่าพารามิเตอร์ของคุณภาพของบริการของโครงข่าย 5G จากข้อมูลที่ผ่านมาการคัดกรองข้อมูลที่มีความผิดปกติของ OperX จำนวน 916 รายการ และ OperY จำนวน 958 รายการ สามารถแสดงผลการศึกษาได้ดังภาพที่ 4-8 ซึ่งค่าความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูลและค่าความเร็วในการอัปโหลดข้อมูล ถ้ามีค่าสูง ๆ จะมีผลดีต่อการให้บริการต่าง ๆ ที่อยู่บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของผู้ใช้งานที่ใช้งานผ่านโครงข่าย 5G ส่วนค่าเวลาแฝง ค่าจitter และค่าสูญเสีย ถ้ามีค่าต่ำ ๆ จะมีผลดีต่อการให้บริการต่าง ๆ ที่อยู่บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของผู้ใช้งานที่ใช้งานผ่านโครงข่าย 5G ทั้งนี้ ผลการศึกษาเหล่านี้เป็นผลการศึกษาในช่วงที่มีการวัดหรือทดสอบ ในระหว่างวันที่ 10 - 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2564 เท่านั้น มิใช่ผลการศึกษาปัจจุบัน

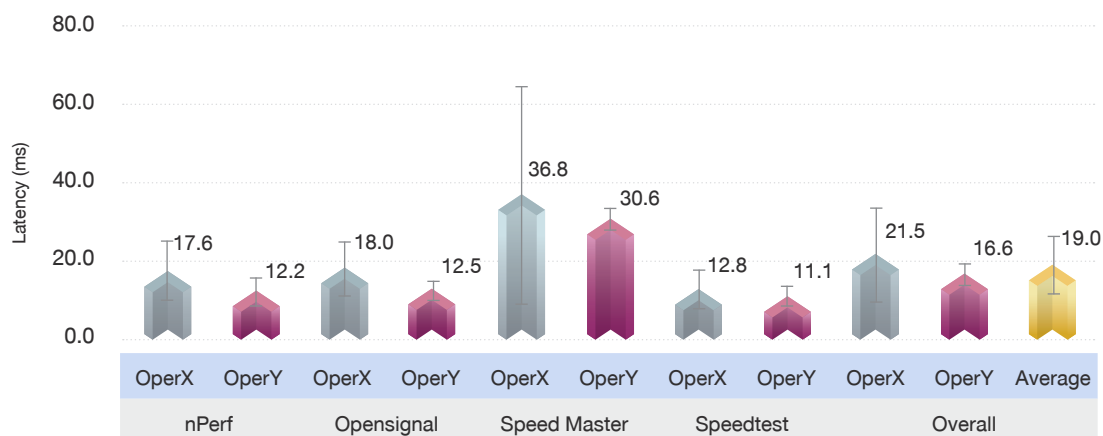


ภาพที่ 4 ค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูลผ่านโครงข่าย 5G จากการทดสอบบนสถานีโทรศัพท์มือถือ



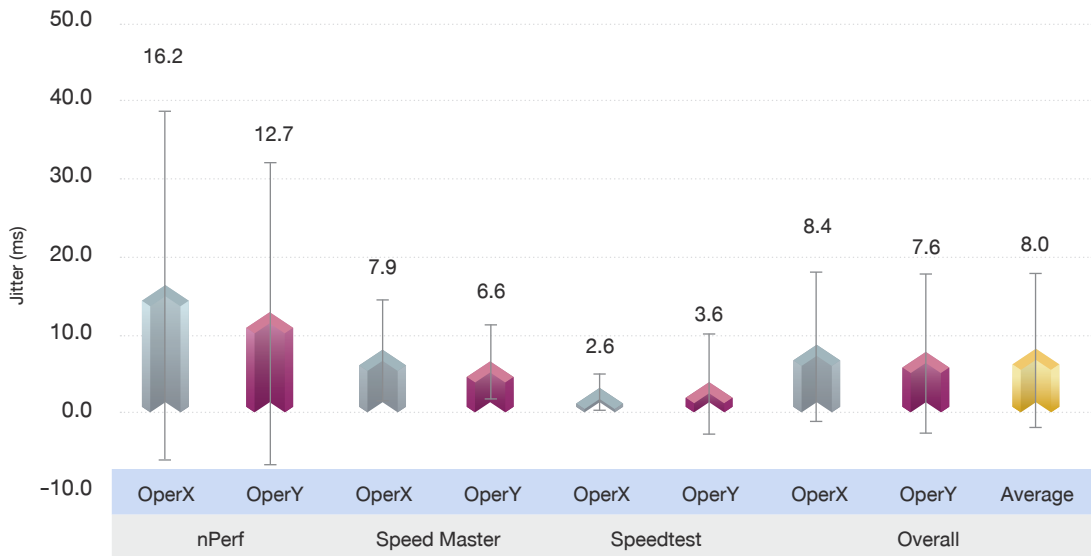
ภาพที่ 5 ค่าเฉลี่ยความเร็วในการอัปโหลดข้อมูลผ่านโครงข่าย 5G จากการทดสอบบนสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

จากภาพที่ 4 - 5 จะเห็นได้ว่า ผลการวัดได้จากต่างแอปพลิเคชันกัน ให้ค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลดและอัปโหลดที่ต่างกัน อย่างไรก็ตามพบว่า ค่าโดยภาพรวม OperX มีค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลดและอัปโหลดสูงกว่า OperY และเมื่อเฉลี่ยรวมทั้ง 4 แอปพลิเคชัน พบว่า OperX และ OperY มีค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลดอยู่ที่ 314.4 เมกะบิตต่อวินาที และ 169.5 เมกะบิตต่อวินาที ตามลำดับ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยรวมจากผู้ให้บริการโครงข่าย 5G ทั้งสองราย มีค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลดอยู่ที่ 240.3 เมกะบิตต่อวินาที สำหรับค่าเฉลี่ยความเร็วในการอัปโหลดพบว่า OperX และ OperY อยู่ที่ 126.1 เมกะบิตต่อวินาที และ 50.2 เมกะบิตต่อวินาที ตามลำดับ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยรวมจากผู้ให้บริการโครงข่าย 5G ทั้งสองราย มีค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลดอยู่ที่ 87.3 เมกะบิตต่อวินาที



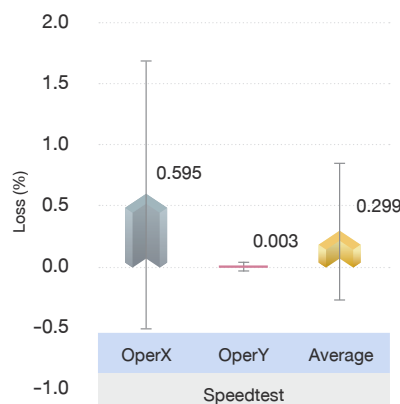
ภาพที่ 6 ค่าเวลาแฝงเฉลี่ยในโครงข่าย 5G ที่ได้จากการทดสอบบนสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

สำหรับภาพที่ 6 เป็นภาพแสดงผลของค่าเวลาแฝง จากการทดสอบภาคสนาม ซึ่งจะเห็นได้ว่า ในภาพรวมค่าเวลาแฝงของ OperX มีค่าสูงกว่า OperY เล็กน้อย โดยที่ 3 ใน 4 แอปพลิเคชัน มีค่าเวลาแฝงอยู่ในช่วง 10-20 มิลลิวินาที แต่ค่าที่วัดด้วย Speed Master จาก OperX และ OperY มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.8 มิลลิวินาที และ 30.6 มิลลิวินาที ตามลำดับ ทำให้ค่าเฉลี่ยรวมจากทั้ง 4 แอปพลิเคชัน มีค่าเวลาแฝงอยู่ที่ 21.5 มิลลิวินาที และ 16.6 มิลลิวินาที สำหรับ OperX และ OperY ตามลำดับ ซึ่งเฉลี่ยรวมกันเท่ากับ 19 มิลลิวินาที



ภาพที่ 7 ค่าเวลาจitterเฉลี่ยในโครงข่าย 5G ที่ได้จากการทดสอบบนสถานีโทรศัพท์มือถือ

ส่วนภาพที่ 7 แสดงผลของค่าจitter ซึ่งเป็นค่าความแปรปรวนของค่าเวลาแฝงที่วัดได้จากการทดสอบภาคสนาม จึงมีลักษณะคล้ายกันกับค่าเวลาแฝง คือค่านี้ยิ่งน้อยยิ่งดี จากภาพนี้จะเห็นได้ว่า ในภาพรวมค่าจาก OperX มีค่าสูงกว่า OperY เล็กน้อย ยกเว้นค่าที่วัดได้จาก Speedtest ที่พบว่า OperY มีค่าสูงหรือเท่ากับค่าจาก OperX เพียงเล็กน้อย โดยค่าเฉลี่ยรวมของจitterจากทั้งสองโครงข่ายในการศึกษานี้มีค่าเท่ากับ 8 มิลลิวินาที



ภาพที่ 8 ค่าความสูญเสียในการรับส่งข้อมูลผ่านโครงข่าย 5G ที่ได้จากการทดสอบบนสถานีโทรศัพท์มือถือ

ในภาพที่ 8 ซึ่งเป็นภาพที่แสดงค่าความสูญเสียในการรับส่งข้อมูลผ่านโครงข่าย 5G ที่ได้จากการทดสอบบนสถานีรถไฟฟ้าบีทีเอส จะเห็นได้ว่า ค่านี้สามารถวัดได้ด้วยแอปพลิเคชันเดียวเท่านั้นคือ Speedtest โดยพบว่า OperX มีค่าเฉลี่ยความสูญเสียอยู่ที่ร้อยละ 0.595 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยจากโครงข่ายของ OperY ที่มีค่าเพียงร้อยละ 0.003 อย่างไรก็ตาม เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยความสูญเสียจากทั้งสองโครงข่ายพบว่า มีค่าร้อยละ 0.299

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาจากข้อมูลที่ได้จากแอปพลิเคชัน nPerf ที่ตัดค่าผิดปกติออกแล้วพบว่า ร้อยละ 54.6 ของระบบที่ให้บริการภายใต้โครงข่ายของ OperX และร้อยละ 60.8 ของระบบที่ให้บริการภายใต้โครงข่ายของ OperY เป็นระบบ 5G NSA ดังแสดงในตารางที่ 3 นอกนั้นเป็นระบบ 4G หรือ LTE โดยไม่พบว่ามีกรทดสอบครั้งใดได้รับบริการจากระบบ 5G SA เลย นอกจากนี้ยังพบความผิดปกติบางอย่าง เช่น ในการทดสอบด้วยแอปพลิเคชัน Speed Master มีการแสดงค่าความสูญเสียเป็นศูนย์ทุกครั้งที่มีการทดสอบ และในการทดสอบด้วยแอปพลิเคชัน Opensignal ผ่านเลขหมายของ OperY แอปพลิเคชันดังกล่าวกลับแสดงข้อมูลโครงข่ายเป็น OperX

ตารางที่ 3 ระบบที่ให้บริการในระหว่างการทดสอบภาคสนาม

| ผู้ให้บริการ | ระบบที่ให้บริการ |        |          | หมายเหตุ                     |
|--------------|------------------|--------|----------|------------------------------|
|              | 5G SA            | 5G NSA | 4G (LTE) |                              |
| OperX        | 0                | 107    | 89       | $107/(107+89)*100 = 54.6 \%$ |
| OperY        | 0                | 141    | 91       | $141/(141+91)*100 = 60.8 \%$ |

## 6. การอภิปรายผล

จากผลการทดสอบด้วย 4 แอปพลิเคชัน สามารถอภิปรายได้เป็นแต่ละประเด็น ดังนี้

### 6.1 ค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลดและอัปโหลดข้อมูล

6.1.1 สำหรับค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลด 240.3 เมกะบิตต่อวินาที ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลบางส่วน จาก 4 แอปพลิเคชัน หากทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ยรายงานโดย Opensignal (Fogg, 2021b) ที่แม้ว่าจะไม่ได้เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการศึกษาบริเวณสถานีหรือชานชาลารถไฟฟ้าเช่นเดียวกับในบทความนี้ แต่ก็ยังเป็นข้อมูลที่ครอบคลุมประเทศต่าง ๆ มากที่สุดและเป็นข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือที่ผู้วิจัยสามารถหาได้ ณ ช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ทั้งนี้ ข้อมูลในรายงานดังกล่าวเป็นข้อมูลที่ได้มาจากการเก็บข้อมูลจากผู้ใช้งานในหลายประเทศทั่วโลกที่มีการติดตั้งแอปพลิเคชันของ Opensignal ในช่วงเวลาใกล้เคียงกันและทดสอบโดยผู้ใช้งานในประเทศต่าง ๆ แล้ว Opensignal ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในประเทศหรือเมืองต่าง ๆ แล้วจัดทำรายงานดังกล่าว (Opensignal, 2020)

จะเห็นได้ว่า ค่าที่ได้จากการศึกษานี้สูงกว่าค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลดในประเทศญี่ปุ่น (180.9 เมกะบิตต่อวินาที) โดยเป็นรองเฉพาะสาธารณรัฐเกาหลี (เกาหลีใต้) (380.5 เมกะบิตต่อวินาที) สาธารณรัฐจีน (ไต้หวัน) (353.3 เมกะบิตต่อวินาที) และเครือรัฐออสเตรเลีย (242.1 เมกะบิตต่อวินาที) (ดังที่ผู้วิจัยได้สรุปไว้ในตารางที่ 4) อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาเฉพาะค่าเฉลี่ยจากแอปพลิเคชัน Opensignal ค่าความเร็วในการดาวน์โหลดจาก OperX และ OperY จะได้ค่าเฉลี่ยประมาณ  $(292.5+81.6)/2 \approx 187.1$  เมกะบิตต่อวินาที (ดูภาพที่ 4) ซึ่งก็ยังสูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศญี่ปุ่น แม้ว่าจะยังมีค่าน้อยกว่าสาธารณรัฐเกาหลี (เกาหลีใต้) สาธารณรัฐจีน (ไต้หวัน) และเครือรัฐออสเตรเลียก็ตาม นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาค่าความเร็วในการดาวน์โหลดของโครงข่าย 4G ในประเทศไทยที่เคยมีการศึกษาเมื่อ พ.ศ. 2563 (Daengsi & Wuttidittachotti, 2020) ที่แม้ว่าจะไม่ได้เป็นข้อมูลที่ได้จากผลการศึกษาวิเวณสถานีหรือ خانชาลารถไฟฟ้าเช่นเดียวกับในบทความนี้ แต่ก็เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการเก็บข้อมูลจากผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน MIQ ที่เป็นคนไทยจากทั่วประเทศ (ปัจจุบันแอปพลิเคชันดังกล่าวยุติการให้บริการแล้ว) ถือว่าเร็วขึ้นประมาณ 10 เท่า ซึ่งค่าเดิมจากโครงข่าย 4G ที่เคยมีการศึกษามีค่าเฉลี่ย 17.8 เมกะบิตต่อวินาที

6.1.2 สำหรับค่าเฉลี่ยความเร็วในการอัปโหลด 87.3 เมกะบิตต่อวินาทีในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร จาก 4 แอปพลิเคชัน หากเทียบกับข้อมูลที่รายงานโดย Opensignal (Fogg, 2021b) จะเห็นได้ว่าเป็นค่าที่สูงที่สุดเทียบกับค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลดของทุกประเทศในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก (ดังที่ผู้วิจัยได้สรุปไว้ในตารางที่ 4) อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาเฉพาะค่าเฉลี่ยจากแอปพลิเคชัน Opensignal ค่าความเร็วในการอัปโหลดจาก OperX และ OperY จะได้ค่าเฉลี่ยประมาณ  $(81.5+44.2)/2 \approx 62.9$  เมกะบิตต่อวินาที (ดังภาพที่ 5) ซึ่งก็ยังเป็นค่าที่สูงที่สุดเทียบกับค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลดของทุกประเทศในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก เนื่องจากในรายงานของ Opensignal ระบุว่าค่าเฉลี่ยความเร็วในการอัปโหลดสูงสุดเป็นค่าที่วัดได้จากสาธารณรัฐจีน (ไต้หวัน) โดยมีค่าเท่ากับ 51.8 เมกะบิตต่อวินาที นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาค่าความเร็วในการอัปโหลดของโครงข่าย 4G ในประเทศไทยที่เคยมีการศึกษาเมื่อ พ.ศ. 2563 (Daengsi & Wuttidittachotti, 2020) ถือว่าเร็วขึ้นประมาณ 4 เท่า ซึ่งค่าเดิมจากโครงข่าย 4G ที่เคยมีการศึกษามีค่าเฉลี่ย 14.6 เมกะบิตต่อวินาที

**ตารางที่ 4** การเปรียบเทียบผลการศึกษานี้กับผลการศึกษาอื่น (Daengsi & Wuttidittachotti, 2020; Fogg, 2021b)

| อันดับ | การดาวน์โหลด                |                              | การอัปโหลด             |                              |
|--------|-----------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------------|
|        | ประเทศ                      | ความเร็ว<br>(เมกะบิต/วินาที) | ประเทศ                 | ความเร็ว<br>(เมกะบิต/วินาที) |
| 1      | สาธารณรัฐเกาหลี (เกาหลีใต้) | 380.5**                      | ผลการศึกษานี้          | 87.3*                        |
| 2      | สาธารณรัฐจีน (ไต้หวัน)      | 353.3**                      | สาธารณรัฐจีน (ไต้หวัน) | 51.8**                       |

| อันดับ | การดาวน์โหลด       |                              | การอัปโหลด                                      |                              |
|--------|--------------------|------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|
|        | ประเทศ             | ความเร็ว<br>(เมกะบิต/วินาที) | ประเทศ                                          | ความเร็ว<br>(เมกะบิต/วินาที) |
| 3      | เครือรัฐออสเตรเลีย | 242.1**                      | สาธารณรัฐเกาหลี                                 | 30.6**                       |
| 4      | ผลการศึกษานี้      | 240.3*                       | ไทย                                             | 26.4**                       |
| 5      | ญี่ปุ่น            | 180.9**                      | เขตบริหารพิเศษฮ่องกง<br>แห่งสาธารณรัฐประชาชนจีน | 21.5**                       |
| 6      | ไทย                | 122.5**                      | สาธารณรัฐสิงคโปร์                               | 21.2**                       |
| 7      | ไทย (4G)           | 17.8***                      | ไทย (4G)                                        | 14.6***                      |

หมายเหตุ: \* เป็นผลการศึกษานี้

\*\* เป็นผลการศึกษาจาก Fogg (2021b)

\*\*\* เป็นผลการศึกษาจาก Daengsi & Wuttidittachotti (2020)

6.1.3 จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลดและอัปโหลดในการศึกษานี้ มีค่า 240.3 เมกะบิตต่อวินาที และ 87.3 เมกะบิตต่อวินาที ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าผลการศึกษาของ Fogg (2021b) ที่ค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลดและอัปโหลดมีค่า 122.5 เมกะบิตต่อวินาที และ 26.4 เมกะบิตต่อวินาที ตามลำดับอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งอาจอธิบายได้ว่า การศึกษานี้อยู่ในบริเวณสถานีรถไฟฟ้าบีทีเอส ซึ่งมีหลายสถานีที่อยู่ในใจกลางกรุงเทพมหานคร เช่น สถานีสยาม สถานีโอโศก และสถานีสีลม เป็นต้น และเป็นบริเวณที่มีประชาชนสัญจรผ่านไปมาในแต่ละสถานีเป็นจำนวนมาก จึงอนุมานได้ว่า ผู้ให้บริการ 5G แต่ละรายต่างเล็งเห็นถึงความสำคัญ จึงมีการติดตั้งเสาสัญญาณเพื่อให้บริการ 5G ครอบคลุมสถานีต่างๆ ของรถไฟฟ้าบีทีเอสแล้ว ค่าที่ได้จากการศึกษานี้จึงสูงกว่าของ Fogg (2021b) ที่เป็นการศึกษาจากข้อมูลแบบคราวด์ซอร์ส (Crowdsourced data) จากผู้ใช้บริการ 5G จากทั่วประเทศ ซึ่งบางจังหวัดอาจเพิ่งเริ่มติดตั้งโครงข่าย 5G ในช่วงเวลานั้น จึงอาจยังไม่สามารถให้บริการได้เต็มประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การที่ Fogg (2021b) ศึกษาจากข้อมูลแบบคราวด์ซอร์สทำให้ไม่สามารถกำหนดได้ว่าให้ผู้ใช้บริการ 5G แต่ละคนใช้เครื่องโทรศัพท์รุ่นใดในการทดสอบ ซึ่งประสิทธิภาพของหน่วยประมวลผลกลางของเครื่องโทรศัพท์สามารถส่งผลกระทบต่อผลการทดสอบได้ แตกต่างจากการศึกษานี้ที่ใช้เครื่องโทรศัพท์รุ่นที่ทำงานด้วยหน่วยประมวลผลกลางที่มีประสิทธิภาพสูงของผู้ผลิตรายหนึ่ง ณ ช่วงเวลาที่ทำการศึกษา นอกจากนี้ ในการที่การศึกษาของ Fogg (2021b) ดำเนินการในระหว่างเดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2564 อาจเป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้ผลการศึกษาที่ได้มีความแตกต่างกัน หากต้นเดือนพฤษภาคมนี้เป็นช่วงเวลาของการดำเนินการศึกษานี้ ผู้ให้บริการมีการพัฒนาระบบ 5G ที่ดีกว่า และมีการติดตั้งโครงข่าย 5G ที่ครอบคลุมพื้นที่มากกว่าช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน พ.ศ. 2564

6.1.4 เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษานี้กับผลการศึกษาในระยะนำร่อง (Daengsi et al., 2021) พบว่าค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลดในบทความนี้ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยจาก 4 แอปพลิเคชันมีค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่า เนื่องจากผลการศึกษาในระยะนำร่องเป็นผลการทดสอบจากแอปพลิเคชัน Speedtest เพียงแอปพลิเคชันเดียว คือ Speedtest ซึ่งปกติให้ผลการวัดความเร็วในการดาวน์โหลดที่สูงกว่าผลจากแอปพลิเคชันอื่น ในขณะที่ค่าเฉลี่ยความเร็วในการอัปโหลดจาก 4 แอปพลิเคชันในบทความนี้มีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่า เนื่องจากผลการศึกษานี้เป็นผลเฉลี่ยจากการทดสอบด้วย 4 แอปพลิเคชัน ซึ่งหนึ่งในนั้นคือแอปพลิเคชัน nPerf ซึ่งให้ค่าเฉลี่ยความเร็วในการอัปโหลดที่ค่อนข้างสูงกว่าผลการทดสอบจากแอปพลิเคชัน Speedtest

6.1.5 ในการศึกษาี้ ผู้วิจัยใช้เครื่องโทรศัพท์ที่สามารถใช้งานซิมการ์ดได้ 2 ซิมการ์ด และใช้เลขหมายโทรศัพท์ของผู้ให้บริการ 2 ราย ที่เปิดบริการเป็นแพ็คเกจ 5G แบบไม่จำกัด จึงสามารถทำความเร็วในการทดสอบดาวน์โหลดและอัปโหลดข้อมูลได้ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยจากที่เคยมีการรายงาน (Fogg, 2021a; 2021b) เนื่องจากในความเป็นจริง ผู้ใช้งานบางส่วนที่ทำการทดสอบและถูกนำผลมาใช้ในการรายงานของ Fogg (2021a; 2021b) อาจใช้แพ็คเกจ 5G ที่มีการจำกัดความเร็วสูงสุดในการดาวน์โหลดและอัปโหลดข้อมูลไว้ที่ค่า ๆ หนึ่ง ซึ่งถือเป็นประเด็นหรือเงื่อนไขด้านการตลาดของผู้ให้บริการ ดังนั้น หากมีการศึกษาเพิ่มเติมร่วมกับแพ็คเกจ 5G อื่น ๆ ของผู้ให้บริการโครงข่าย 5G รายอื่น ๆ ก็มีความเป็นไปได้ค่อนข้างสูงที่ค่าความเร็วเฉลี่ยในการดาวน์โหลดและอัปโหลดข้อมูลในภาพรวมอาจมีค่าต่ำกว่าผลการศึกษาในบทความนี้

## 6.2 ค่าเฉลี่ยเวลาแฝง ค่าเฉลี่ยจitter และค่าความสูญเสีย

6.2.1 สำหรับค่าเฉลี่ยเวลาแฝงและค่าเฉลี่ยจitterที่มีค่า 19 มิลลิวินาที และ 8 มิลลิวินาที ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างน้อย และเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยเวลาแฝง 28.1 มิลลิวินาที และค่าเฉลี่ยจitter 11.9 มิลลิวินาที ที่เคยมีการศึกษาในประเทศไทยในช่วงไตรมาสที่ 2 ของปี พ.ศ. 2563 ถือว่าดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าเฉลี่ยเวลาแฝงที่ลดลงเกือบ 10 มิลลิวินาที (Daengsi & Wuttidittachotti, 2020)

6.2.2 ในกรณีของค่าร้อยละความสูญเสียจากการศึกษานี้ มีค่าเฉลี่ยรวมประมาณร้อยละ 0.3 ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในประเทศไทยในช่วงไตรมาสที่ 2 ของปี พ.ศ. 2563 ที่มีค่าร้อยละความสูญเสียเท่ากับ 1.94 (Daengsi & Wuttidittachotti, 2020) ถือว่าลดลงจากเดิมมากกว่า 6 เท่า

6.2.3 สำหรับประเด็นเรื่องค่าเฉลี่ยจitterและค่าเฉลี่ยร้อยละความสูญเสียที่มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างสูงมาก สันนิษฐานว่ามีสาเหตุมาจากลักษณะการเกิดค่าจitterและค่าความสูญเสียมีลักษณะการเกิดเป็นครั้งคราวหรือปะทุ (Burst) ขึ้นเป็นครั้งคราว ไม่ใช่การเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาหรือเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่เมื่อเกิดขึ้นแล้วอาจมีผลทำให้ค่าจitterและค่าความสูญเสียในช่วงขณะนั้นมีค่าสูงกว่าเกณฑ์เฉลี่ยมาก

## 6.3 ภาพรวมและประเด็นอื่นๆ

6.3.1 เมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่าในกรณีของการดาวน์โหลดแอปพลิเคชัน Speedtest วัดค่าเฉลี่ยความเร็วได้สูงที่สุด รองลงมาคือ nPerf และ 2 อันดับสุดท้ายคือ Speed Master และ Opensignal ซึ่งให้ผลการทดสอบใกล้เคียงกัน ส่วนกรณีของการอัปโหลดพบว่าแอปพลิเคชัน nPerf ให้ผลการทดสอบสูงกว่าแอปพลิเคชันอื่นอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อทดสอบกับ OperX ที่พบว่าผลการทดสอบที่ได้มีค่าสูงกว่าแอปพลิเคชันอื่นถึง 3 เท่า นอกจากนี้ ในกรณีของค่าเวลาแฝงที่พบว่าแอปพลิเคชัน Speedtest ให้ค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือ nPerf และ Opensignal ซึ่งให้ผลการทดสอบใกล้เคียงกัน ในขณะที่ Speed Master ให้ผลการทดสอบพารามิเตอร์นี้แย่ที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าแอปพลิเคชันอื่น 2-3 เท่า สำหรับกรณีของจitter ที่พบว่าแอปพลิเคชัน Speedtest ทดสอบค่าจitterได้น้อยที่สุด (ดีที่สุด) น้อยกว่า Speed Master ประมาณ 2-3 เท่า และน้อยกว่า nPerf ประมาณ 3-5 เท่า ในขณะที่ Opensignal ไม่แสดงค่านี้ ซึ่งจากผลการศึกษาที่ได้จากแต่ละแอปพลิเคชันที่วัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แตกต่างกันนี้ สันนิษฐานว่าอาจเกิดจากกระบวนการทดสอบที่มีรายละเอียดที่แตกต่างกัน เช่น ขนาดของแพ็กเกจและโปรโตคอลใช้ในการทดสอบ รวมไปถึงตำแหน่งที่ตั้งและประสิทธิภาพของเครื่องแม่ข่าย เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลต่อการทดสอบ

6.3.2 เมื่อนำค่าพารามิเตอร์คุณภาพของบริการที่วัดได้จากแต่ละแอปพลิเคชันมาเปรียบเทียบกับพบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากแต่ละแอปพลิเคชันมีค่าแตกต่างกัน และแม้ว่าค่าพารามิเตอร์คุณภาพของบริการที่ใช้ในการพิจารณาคุณภาพของบริการที่ให้บริการโดยโครงข่าย 5G จะมีเพียง 5 ตัวชี้วัด แต่มีเพียงแอปพลิเคชัน Speedtest เพียงแอปพลิเคชันเดียวเท่านั้น ที่สามารถวัดและแสดงผลได้ทั้ง 5 ค่าพารามิเตอร์ (Speed Master แสดงค่าได้ครบทั้ง 5 ค่าพารามิเตอร์ แต่พบว่าแสดงค่าสูญเสียเป็นศูนย์ทุกครั้งที่ทดสอบ) สาเหตุของค่าที่มีความแตกต่างกัน อาจเกิดจากการมีวิธีการวัดที่แตกต่างกัน และมีเครื่องแม่ข่ายที่ใช้รองรับการทดสอบที่แตกต่างกันและอยู่ต่างสถานที่กัน

6.3.3 เมื่อพิจารณาถึงความน่าเชื่อถือของแต่ละแอปพลิเคชัน จากยอดดาวน์โหลดเพื่อติดตั้งใช้งานที่แสดงใน Play Store พบว่า Speedtest มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด เนื่องจากมียอดดาวน์โหลดสูงที่สุดคือมากกว่า 100 ล้านครั้ง Speed Master และ Opensignal มียอดดาวน์โหลดที่ใกล้เคียงกันคือมากกว่า 10 ล้านครั้ง ส่วน nPerf มียอดดาวน์โหลดมากกว่า 1 ล้านครั้ง (Google Play, 2021a; 2021b; 2021c; 2021d)

6.3.4 การศึกษานี้มุ่งเน้นศึกษาในมุมมองของผู้ใช้งานหรือผู้บริโภคที่ใช้บริการ 5G ด้วยเครื่องโทรศัพท์ 5G และเป็นการทดสอบในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่ผู้ให้บริการโฆษณาประชาสัมพันธ์ว่าให้บริการ 5G อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาที่แสดงในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า ผลจากการทดสอบบริการ 5G ของ OperX และ OperY ประมาณ 200 จุด ตามสถานีรถไฟฟ้ามหานครที่สามารถให้บริการ 5G ผ่านโครงข่ายที่เป็นระบบ 5G อยู่ที่ระดับร้อยละ 54.6 และ 60.8 ตามลำดับ ในขณะที่ร้อยละ

43.4 และ 39.2 เป็นการให้บริการ 5G ผ่านโครงข่าย 4G ของ OperX และ OperY ตามลำดับ ซึ่งก็ถือว่าเป็นไปตามมาตรฐานของ ITU ที่กำหนดไว้ว่าเทคโนโลยี 5G จะต้องรองรับการทำงานร่วมกันกับโครงข่ายที่เป็นเทคโนโลยีเดิมได้ ไม่ว่าจะเป็น 4G หรือ 3G อย่างไรก็ตาม ในการวิเคราะห์และแสดงผลการทดสอบจึงไม่มีการวิเคราะห์ผลแยกเป็น 5G กับ 4G เนื่องจาก ในมุมมองของผู้บริโภคที่ซื้อและใช้บริการ 5G ทั่วไปจะไม่ทราบหรือสนใจในรายละเอียดว่าบริการ 5G ที่ตนเองใช้งานอยู่นั้น จะเป็นโครงข่าย 5G จริง ๆ หรือเป็นโครงข่าย 4G ที่ให้บริการแทน เนื่องจากจะเชื่อโดยปริยายว่าตนใช้งานผ่านโครงข่าย 5G ดังนั้นหน่วยงานกำกับดูแลอาจพิจารณาและศึกษาเพิ่มเติมว่าควรมีการกำหนดเกณฑ์เพิ่มเติมสำหรับตรวจสอบหรือประเมินคุณภาพของบริการ 5G ที่ให้บริการโดยผู้ให้บริการแต่ละรายในประเด็นนี้หรือไม่อย่างไร

6.3.5 ในประเด็นที่ไม่พบบริการ 5G SA ดังที่ได้แสดงในตารางที่ 3 ทั้งที่เครื่องโทรศัพท์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นรุ่นที่รองรับ 5G SA (“AIS ผนึก HUAWEI”, 2563) สันนิษฐานว่า สถานีฐานที่ให้บริการตามแนวสถานีรถไฟฟ้ามหานครที่เอสบางสถานีฐานอาจยังไม่รองรับ 5G SA ในขณะที่บางสถานีฐานอาจจะรองรับ 5G SA แต่ไม่พร้อมให้บริการด้วย 5G SA ณ ขณะที่มีการทดสอบ อย่างไรก็ตาม ในประเด็นนี้ ผู้วิจัยได้รับทราบข้อมูลเพิ่มเติมในภายหลังจากสมาชิกรายหนึ่งของเพจกลุ่ม TelecomLover คนรักเสามือถือ 5G + เทสสปีด ที่ทำการทดสอบคุณภาพสัญญาณ 4G/5G แล้วเผยแพร่บนเพจดังกล่าวเป็นประจำ ระบุว่า ผู้ให้บริการบางรายเปิดให้สามารถใช้งาน 5G SA ได้เฉพาะซิมการ์ดของลูกค้าที่เปิดใช้งานกับเครื่องโทรศัพท์ที่เป็นยี่ห้อและรุ่นที่กำหนดเท่านั้น (กลุ่ม TelecomLover, 2564)

## 7. ข้อจำกัดของการศึกษา

7.1 บทความนี้มุ่งเน้นศึกษาการใช้งาน 5G ในมุมมองของผู้ใช้งานหรือผู้บริโภคทั่วไป โดยการศึกษาไม่ได้ครอบคลุมถึงทรัพยากรที่แตกต่างกันของผู้ให้บริการ เช่น แบนด์วิดท์ (Bandwidth) ของ Operator ทั้ง 2 ราย

7.2 การศึกษานี้ดำเนินการภายใต้ข้อจำกัดทางด้านเวลา ทรัพยากร และงบประมาณ จึงเสนอแนะให้ผู้สนใจที่มีความพร้อม ดำเนินการศึกษาเพิ่มเติมโดยทดสอบด้วยเครื่องมือมาตรฐานและระเบียบวิธีวิจัยเทียบเคียง เพื่อพิสูจน์เปรียบเทียบในเชิงวิชาการและนำผลการศึกษาไปต่อยอดต่อไป

## 8. บทสรุป

จากการศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพของบริการของโครงข่าย 5G บริเวณชั้นจำหน่ายตั๋วและชั้นชานชาลาภายในสถานีรถไฟฟ้าบีทีเอส จำนวน 60 สถานี ในบทความนี้ จะเห็นว่า เทคโนโลยี 5G ซึ่งจัดเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นต่อเศรษฐกิจและสังคม ได้รับการพัฒนาขึ้นเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยมีค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูลอยู่ที่ 240 เมกะบิตต่อวินาที และมีค่าความเฉลี่ยความเร็วในการอัปโหลดข้อมูลอยู่ที่ 87 เมกะบิตต่อวินาที อีกทั้งเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยที่เคยมีการศึกษาจากโครงข่าย 4G ในปี พ.ศ. 2563 พบว่า มีพัฒนาการแบบก้าวกระโดด นอกจากนี้โครงข่าย 5G ยังได้รับการพัฒนาให้สามารถให้บริการได้ครอบคลุมพื้นที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่สถานีรถไฟฟ้าบีทีเอสทั้ง 60 สถานี ซึ่งส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในย่านธุรกิจสำคัญและชุมชนเมืองยิ่งไปกว่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการศึกษานี้กับรายงานของ Opensignal ที่ทำการศึกษากับข้อมูลจากหลายประเทศในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน พบว่า โครงข่าย 5G ในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าคุณภาพของบริการที่สูงกว่าค่าคุณภาพของบริการที่ Opensignal เคยรายงานไว้อย่างเห็นได้ชัด โดยมีค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูลอยู่ที่ 122.5 เมกะบิตต่อวินาที และมีค่าเฉลี่ยความเร็วในการอัปโหลดข้อมูลอยู่ที่ 26.4 เมกะบิตต่อวินาทีเท่ากัน ซึ่งถือเป็นอันดับต้น ๆ ของภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก ช่วงเวลาที่ทำการศึกษานี้ อย่างไรก็ตาม หากมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต อาจต้องมีการพิจารณาและทบทวนในประเด็นการเลือกใช้เครื่องมือทดสอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแอปพลิเคชันมาตรฐาน

## 9. ข้อเสนอแนะ

### 9.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต

การศึกษานี้ยังจำกัดเฉพาะสถานีรถไฟฟ้าบีทีเอสซึ่งอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ควรที่จะมีการศึกษาเพิ่มเติมในพื้นที่อื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่อื่นในกรุงเทพมหานครเองหรือพื้นที่ต่างจังหวัด ทั้งนี้ เพื่อให้ทราบถึงข้อเท็จจริงเกี่ยวกับการพัฒนาโครงข่าย 5G ของผู้ให้บริการในประเทศไทย และเป็นข้อมูลให้ผู้ให้บริการนำไปประกอบการพิจารณาในการพัฒนาโครงข่าย 5G ให้มีคุณภาพของบริการที่ดีขึ้นและสามารถครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น นอกจากนี้ หากในอนาคตต้องการศึกษาเพิ่มเติม อาจทำการศึกษาในพื้นที่อื่น ๆ หรือศึกษาเชิงลึกทางเทคนิคหรือทางวิศวกรรม เพื่อให้สามารถอธิบายหรืออภิปรายด้วยเหตุผลทางเทคนิคเชิงลึก เกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาคุณภาพของบริการที่ให้บริการโดยโครงข่าย 5G ที่พบจากการทดสอบภาคสนาม

## 9.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับกิจการสื่อสาร

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าการทดสอบจากแต่ละแอปพลิเคชันมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้น หน่วยงานกลางของรัฐที่เกี่ยวข้อง ควรสำรวจคุณภาพการให้บริการในรูปแบบของคราวด์ซอร์ซซิง (Crowdsourcing) เช่นเดียวกับผู้ให้บริการแอปพลิเคชันหลายราย และจัดทำรายงานผลการศึกษาเพื่อเผยแพร่ต่อสาธารณะอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้ เพื่อเป็นข้อมูลกลางสำหรับผู้ให้บริการโครงข่าย 5G แต่ละรายนำไปปรับปรุงและพัฒนาโครงข่ายของตนเองให้มีคุณภาพของบริการดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ รายงานดังกล่าวยังช่วยเสริมสร้างหรือเพิ่มความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค ตลอดจนนักลงทุนทั้งจากในประเทศและต่างประเทศได้ เนื่องจากปัจจุบันระบบสื่อสารโทรคมนาคมกลายเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญและเป็นหนึ่งในดัชนีชี้วัดความเจริญของประเทศ

### การจับกันแห่งผลประโยชน์

ผู้วิจัยไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน หรือมีความขัดแย้งกันระหว่างผลประโยชน์ส่วนตนและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากการศึกษา

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้

## รายการเอกสารอ้างอิง

- กลุ่ม TelecomLover คนรักเสามือถือ 5G + เทสสปีด. (2564). *สรุปทุกประเด็น 5G ครบ ทำไมใช้ 5G SA ไม่ได้ (ควรรู้)*. [https://www.facebook.com/groups/telecomlover/?multi\\_permaLinks=4584667021572021&notif\\_id=1632206704008806&notif\\_t=group\\_highlights&ref=notif](https://www.facebook.com/groups/telecomlover/?multi_permaLinks=4584667021572021&notif_id=1632206704008806&notif_t=group_highlights&ref=notif)
- เทอดพงษ์ แดงสี และ พิสิฐ พรพงศ์เตชวานิช. (2562). 5G: เทคโนโลยีการสื่อสารแห่งทศวรรษหน้า. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 15(2), 162-180.
- เปิดสถิติเบอร์มือถือ 3 ค่ายไตรมาสแรก รวม 93.52 ล้านเลขหมาย. (2564, 16 พฤษภาคม). *กรุงเทพธุรกิจ*. <https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/938282>
- พงศ์ปณต สุขปาน. (2558). *การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G และ 4G ด้วยยูทูป : กรณีรถไฟฟ้ามหานครสายสีลมขณะมีการเคลื่อนที่* [สารนิพนธ์มหาบัณฑิต]. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วรวิมล ศาลางาม. (2558). *การเปรียบเทียบคุณภาพเสียงวีโอไอระหว่างสกายป์และไลน์บนเครือข่าย 3G และ 4G : กรณีศึกษาการรถไฟฟ้ามหานครสายสีลม* [สารนิพนธ์มหาบัณฑิต]. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- Abozariba, R., Davies, E., Broadbent, M., & Race, N. (2019). Evaluating the Real-World Performance of 5G Fixed Wireless Broadband in Rural Areas. *Proc. 5GWF 2019* (pp. 465-470).
- AIS ผนึก HUAWEI ให้คนไทยสัมผัสสมาร์ทโฟน 5G SA ครั้งแรกในโลก กับ HUAWEI P40 Pro, HUAWEI P40 Pro+. (2563, 6 กรกฎาคม). *Khaosod Online*. [https://www.khaosod.co.th/economics/news\\_4451027](https://www.khaosod.co.th/economics/news_4451027)
- Chimmanee, S., Jantavongso, S., & Kantala, S. (2015). The mobile technologies performance comparison for Internet services in Bangkok. *Proc. of ICITEE 2015* (pp. 337-342).
- Daengsi, T., & Wuttidittachotti, P. (2020). Quality of Service as a Baseline for 5G: A Recent Study of 4G Network Performance in Thailand. *Proc. COMNETSAT 2020* (pp. 395-399).
- Daengsi, T., Ungkap P., & Wuttidittachotti, P. (2021). A Study of 5G Network Performance: A Pilot Field Trial at the Main Skytrain Stations in Bangkok. *Proc. ICAICST* (pp. 191-195).
- ETSI. (n.d.). *WHY DO WE NEED 5G?*. <https://www.etsi.org/technologies/5G?jij=1629747464247>
- Fogg, I. (2021a). *Benchmarking the Global 5G Experience - April 2021*. Opensignal. <https://www.opensignal.com/2021/04/15/benchmarking-the-global-5g-experience-april-2021>
- Fogg, I. (2021b). *Benchmarking the 5G Experience - Asia Pacific - June 2021*. Opensignal. <https://www.opensignal.com/2021/06/14/benchmarking-the-5g-experience-asia-pacific-june-2021>
- Gimme. (2020). *เรื่องเล่า 5G | Stand Alone (SA) vs Non-Standalone (NSA) ต่างกันอย่างไร? ไทยมี 5G SA ใช้กันครบ 77 จังหวัดแล้วต้องเปลี่ยนเลยมั๊ย?*. DroidSans. <https://droidsans.com/5g-sa-nsa-differences/>
- Google Play. (2021a). *Speedtest by Ookla*. <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.zwanoo.android.speedtest>

- Google Play. (2021b). *Wifi & Internet speed test Meter- SpeedTest Master*. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.internet.speedtest.check.wifi.meter>
- Google Play. (2021c). *Opensignal - 5G, 4G, 3G Internet & WiFi Speed Test*. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.staircase3.opensignal>
- Google Play. (2021d). *Speed test 3G, 4G, 5G, WiFi & network coverage map*. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.nperf.tester>
- GSMarena. (n.d.). *Huawei P40 Pro*. [https://www.gsmarena.com/huawei\\_p40\\_pro-10152.php](https://www.gsmarena.com/huawei_p40_pro-10152.php)
- Hindy, J. (2021). *10 best speed test apps for Android*. Android Authority. <https://www.androidauthority.com/best-speed-test-apps-android-1212768/>
- Huang, Y., King, I., Liu, T. Y., & Steen, M. V. (2020). A First Look at Commercial 5G Performance on Smartphones. *Proc. WWW '20, Taipei*, Apr (pp. 894–905).
- Kutilla, M., Kauvo, K., Aalto, P., Martinez, G. V., Niemi, M., & Zheng, Y. (2020). 5G Network Performance Experiments for Automated Car Functions. *Proc. 5GWF 2020*, Sep (pp. 366–371).
- Liu, T., Pan, J., & Tian, Y. (2020). Detect the Bottleneck of Commercial 5G in China. *Proc. ICC 2020*, Dec (pp. 941–945).
- Newzoogle. (n.d.). *TOP 7 AWESOME INTERNET SPEED TEST APPS FOR ANDROID*. <https://newzoogle.com/top-7-awesome-internet-speed-test-apps-for-android/>
- O'Dea, S. (2021). *Global market share smartphone operating systems of unit shipments 2014-2023*. Statista. <https://www.statista.com/statistics/272307/market-share-forecast-for-smartphone-operating-systems/>
- O'Donnell, B. (2019). *Real-World 5G Speeds Are Slower Than Expected*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/bobodonnell/2019/11/22/real-world-5g-speeds/?sh=6035f83a4f96>
- Okano, M., Hasegawa, Y., Kanai, K., Wei, B., & Katton, J. (2020). Field Experiments of 28 GHz Band 5G System at Indoor Train Station Platform. *Proc. CCNC 2020*, Jan (pp. 1–6).
- Okumura, Y., Suyama, S., Mashino, J., & Muraoka, K. (2019). Recent activities of 5g experimental trials on massive mimo technologies and 5g system trials toward new services creation. *IEICE Transactions*, 102(8), 1352–1362.
- Opensignal. (2020). *Methodology Overview: How Opensignal measures mobile network experience*. [https://www.opensignal.com/sites/opensignal-com/files/opensignal\\_methodology\\_overview\\_june\\_2020.pdf](https://www.opensignal.com/sites/opensignal-com/files/opensignal_methodology_overview_june_2020.pdf)
- Situmorang, C. A., Gunawan, D., & Anggraini, G. V. (2019). 5G Trials on 28 GHz Band in Indonesia. *Proc. WOCC 2019*, May (pp. 1–5).

- Son, J. H. (2019). *Comparison of Commercial 5G Network Architecture: KT vs. SK Telecom*. Netmanias. <https://www.netmanias.com/en/post/blog/14220/5g-iot-kt-sk-telecom/comparison-of-commercial-5g-network-architecture-kt-vs-sk-telecom>
- Tahir, N. M., Mäenpää, K., & Sukuvaara, T. (2019). Evolving Wireless Vehicular Communication System level comparison and analysis of 802.11 p, 4G 5G. *Proc. C-CODE 2019*, Mar (pp. 48-52).
- Thaiinnovation. (2021). *Thaiinnovation Center*. <https://thaiinnovation.center/2020/11/5g-new-radio/> (in Thai)
- Zhao, X., Chen, J., Li, P., Li, Z., Hu, C., & Xie, W. (2020). 5G NSA Radio Access Network Sharing for Mobile Operators : Design, realization and field trial. *Proc. ICCT 2020* (pp. 454-461).