



สถาปัตยกรรมแบบอิงบริการของ เครือข่ายแกนกลางสำหรับเทคโนโลยี 5G

SERVICE-BASED ARCHITECTURE OF CORE NETWORK ARCHITECTURE FOR 5G TECHNOLOGY

พงษ์พิสิฐ วุฒิดิษฐ์โชติ¹

พิสิฐ พรพงศ์เตชวานิช²

Pongpisit Wuttidittachotti¹

Phisit Pornpongtechavanich²

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800¹

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตวังไกลกังวล ประจวบคีรีขันธ์ 77110²

King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800 Thailand¹

Rajamangala University of Technology Rattanakosin Wang Klai Kangwon Campus,

Prachuap Khiri Khan 77110 Thailand²

Received Date August 30, 2021
Revised Date May 18, 2022
Accepted Date May 30, 2022

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบและอธิบายการทำงานของสถาปัตยกรรมเครือข่ายแกนกลาง 5G โดยเฉพาะสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการ โดยศึกษาจากเอกสารและแหล่งข้อมูลมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ผลการศึกษาพบว่า สถาปัตยกรรมแบบอิงบริการประกอบไปด้วย 11 ฟังก์ชันที่รับผิดชอบการทำงานต่าง ๆ ซึ่งส่วนที่เกี่ยวข้องกับเครือข่ายแกนกลาง 5G ประกอบด้วย ฟังก์ชันการเปิดเผยของเครือข่าย ฟังก์ชันที่เก็บข้อมูลฟังก์ชันเครือข่าย ฟังก์ชันการเลือกชิ้นส่วนเครือข่าย ฟังก์ชันการบริการจัดการข้อมูลแบบครบวงจร ฟังก์ชันการควบคุมนโยบาย ฟังก์ชันการจัดการเซสชัน ฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่ ฟังก์ชันรณานาผู้ใช้ ฟังก์ชันเซิร์ฟเวอร์การพิสูจน์ตัวตน ฟังก์ชันของแอปพลิเคชัน และเครือข่ายข้อมูล ซึ่งการศึกษานี้จะช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจการทำงานของเทคโนโลยี 5G อันจะส่งเสริมให้เกิดการพัฒนางานวิจัย หรือนำ 5G มาใช้ในวงกว้างและเป็นประโยชน์มากขึ้น เช่น แอปพลิเคชันทางการแพทย์ที่สามารถทำงานได้แบบเวลาจริงในการควบคุมการผ่าตัดระยะไกล รถยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ และเครือข่ายไร้สายที่มีความมั่นคงปลอดภัยมากขึ้น

คำสำคัญ: สถาปัตยกรรมแบบอิงบริการ 5G เครือข่ายแกนกลาง

Abstract

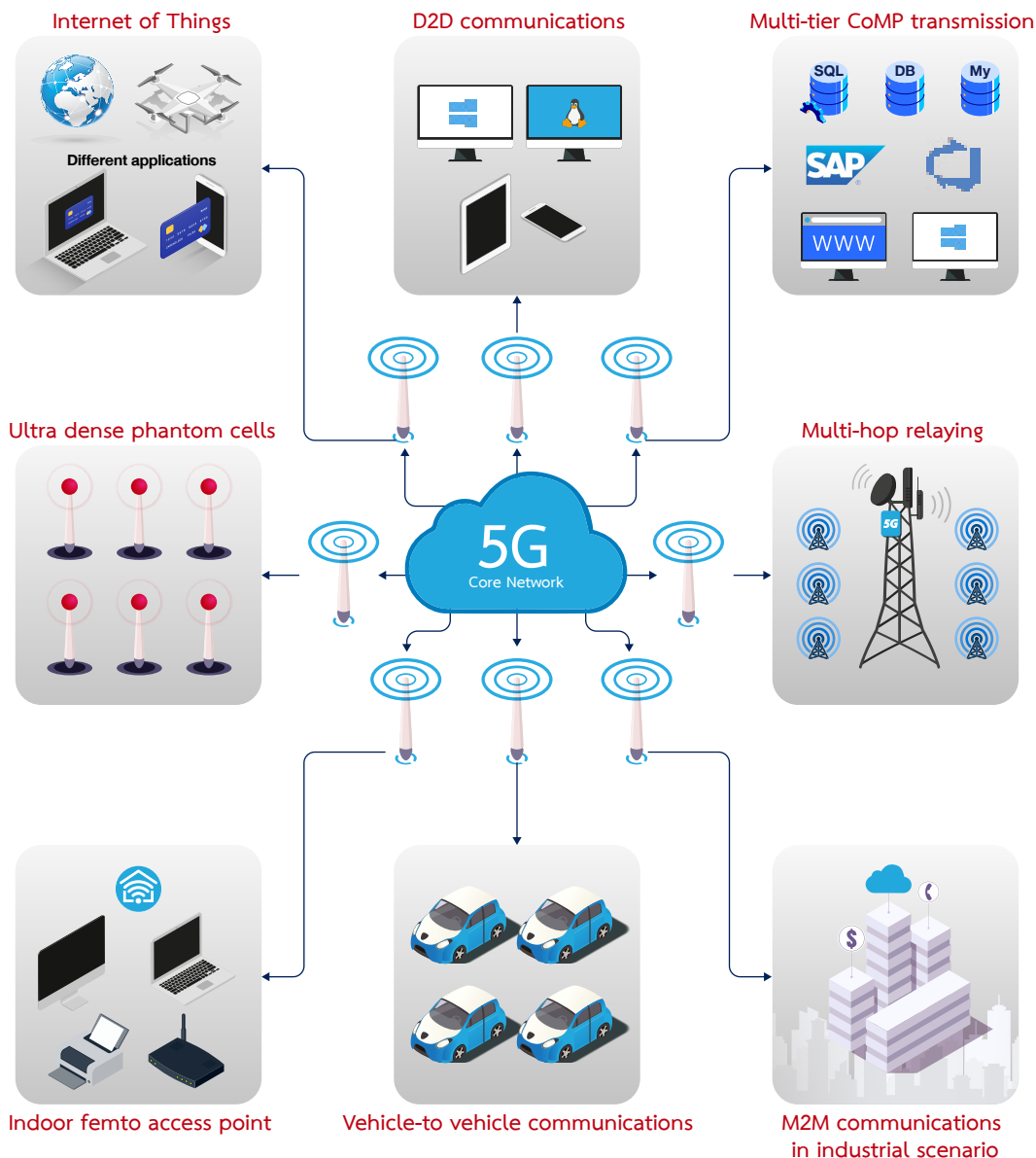
This academic paper aims to study and explain the essential elements of 5G technology, especially the Service-Based Architecture (SBA) by studying from documents and relevant standard sources. The results found that the SBA consists of 11 key functions which are responsible for 5G network operation including network exposure function, NF repository function, network storage function, network slice selection function, unified data management, policy control function, session management function, access and mobility management function, user plane function, authentication server function, application function, and data network. This will help readers gain a deeper understanding of how 5G technology works and lead to research development or applying 5G appropriately. For example, a real-time application to control remote medical surgeries, self-driving vehicles and a more secure wireless network.

Keywords: Service based architecture, 5G, Core network

1. บทนำ

โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 5 หรือ 5G (The fifth generation of mobile communications network) เป็นระบบที่มีความสามารถในการรองรับการสื่อสารและบริการ ทั้งแบบข้อความ เสียง ภาพ และภาพเคลื่อนไหว ตลอดจนรองรับการใช้งานบรอดแบนด์อินเทอร์เน็ตของผู้ใช้งานที่ใช้ในการเข้าถึงบริการ และแอปพลิเคชันต่าง ๆ (เทอดพงษ์ แดงสี และพิสิฐ พรพงศ์เดชาวิช, 2562, น. 164) นอกจากนี้ยังรองรับการใช้งาน (Industry M2M communications) การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ (D2D communications) และการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆเคลื่อนที่ (Mobile cloud computing) ดังภาพที่ 1 โดยในระบบ 5G จะมีองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบด้วยกัน ได้แก่ 1) การเข้าถึงเครือข่าย 5G (5G Access Network: 5G-AN) 2) เครือข่ายแกนกลาง (5G Core network: 5GC) และ 3) อุปกรณ์ใช้งาน (Use Equipment: UE) (Dryjanski, 2017) อย่างไรก็ตาม เพื่อตอบสนองรูปแบบการใช้งานที่หลากหลายตามความต้องการของผู้ใช้งาน รวมไปถึงการรักษาความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ โครงข่าย 5G จำเป็นต้องอาศัยเครือข่ายแกนกลาง 5G ซึ่งถูกออกแบบและพัฒนาให้มีสถาปัตยกรรมที่แตกต่างและมีความสามารถสูงขึ้นกว่าโครงข่ายเดิม (4G/LTE) โดยสถาปัตยกรรมของเครือข่ายแกนกลางต้องผ่านการปฏิบัติเปลี่ยนแปลงปัจจัยในขับเคลื่อนพื้นฐานที่อยู่เบื้องหลังนวัตกรรม ซึ่งเครือข่ายแกนกลางประกอบด้วย 1) สถาปัตยกรรมแบบอิงบริการ (Serviced Based Architecture: SBA) 2) การไม่เก็บสถานะ (Stateless) 3) การจัดแบ่งทรัพยากรระบบประมวลผล (Network slicing) และ

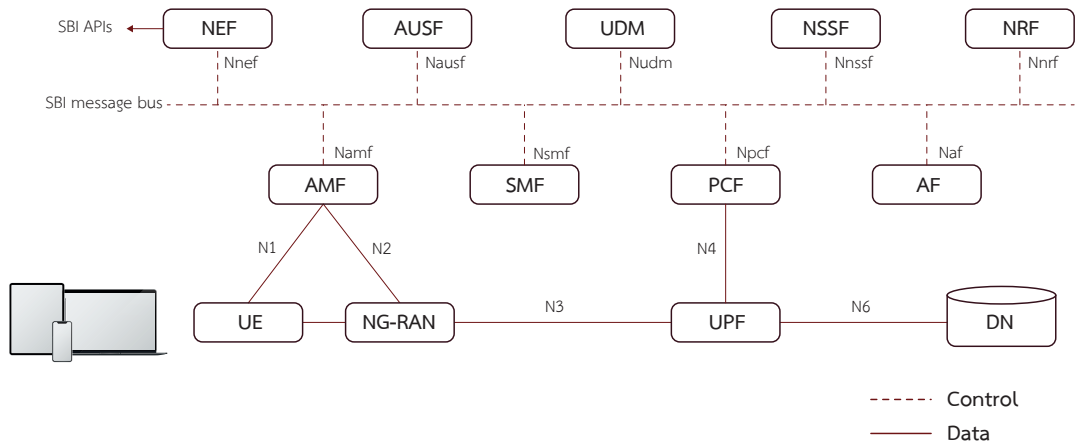
4) แกนกลางที่ใช้ร่วมกัน (Common core) (Samsung, 2019) ซึ่งในส่วนของการสถาปัตยกรรมเครือข่ายแกนกลาง 5G เป็นสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการ มีองค์ประกอบภายในเครือข่ายที่มีฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ที่ซับซ้อน ดังภาพที่ 2 ดังนั้น บทความนี้จึงศึกษาการทำงานของสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการของเครือข่ายแกนกลางสำหรับเทคโนโลยี 5G ในเชิงลึก เพื่ออธิบายให้เห็นรายละเอียดต่าง ๆ ให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจการทำงานมากขึ้น



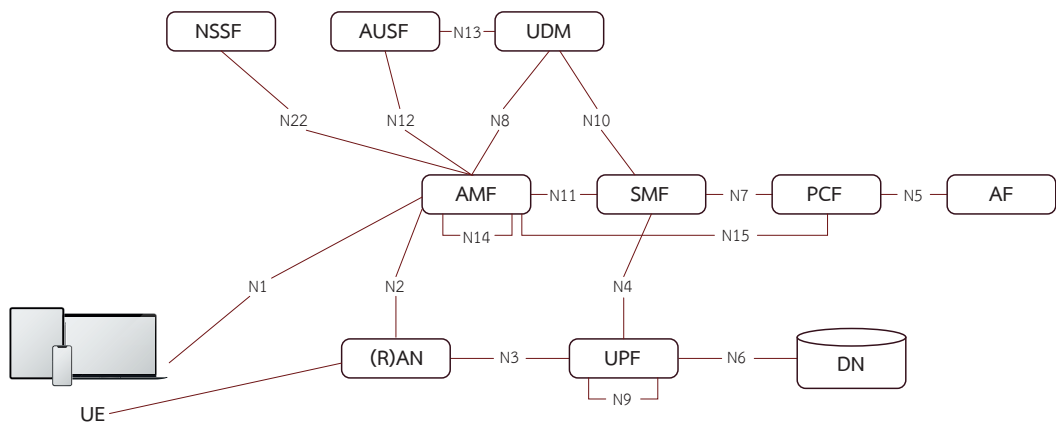
ภาพที่ 1 แผนภาพองค์ประกอบภายในเครือข่ายแกนกลาง 5G

ที่มา: ElSawy et al. (2015) (ปรับปรุงภาพโดยผู้เขียน)

Service based architecture



(ก) องค์ประกอบของสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการ



(ข) ตัวประสานอ้างอิงของสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการ

ภาพที่ 2 สถาปัตยกรรมแบบอิงบริการ

ที่มา: 3GPP (2021c) (ปรับปรุงภาพโดยผู้เขียน)

หมายเหตุ : N* ในภาพที่ 2 คือ ตัวประสานอ้างอิงหรืออินเทอร์เฟซ (Reference interface) ระหว่างการให้บริการต่าง ๆ โดยใช้เป็นหมายเลข เช่น N1, N2, N3, ... เป็นต้น

2. วัตถุประสงค์การศึกษา

2.1 เพื่อศึกษาองค์ประกอบของสถาปัตยกรรมเครือข่ายแกนกลาง 5G โดยเฉพาะสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการ

2.2 เพื่ออธิบายการทำงานของสถาปัตยกรรมเครือข่ายแกนกลาง 5G โดยเฉพาะสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการ

3. การทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาเกี่ยวกับ 5G ในประเทศไทย มีนักวิชาการและหน่วยงานด้านโทรคมนาคมรวบรวมข้อมูลไว้ในบทความต่าง ๆ มากมาย ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมได้มีงานวิจัยเกี่ยวข้องที่ได้กล่าวถึงการศึกษาในหัวข้อเดียวกันไว้ดังนี้

สมาคมโทรคมนาคมแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (2561) ได้มีการรายงานบทวิเคราะห์เชิงวิชาการ ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะ ประเด็น “5G & Disruptive Technology Supporting Thailand 4.0: Challenges and Opportunities” ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลนำเสนอเป็นบทสรุปของผู้บริหารที่เกี่ยวกับ 5G แนวโน้มการนำเครือข่าย 5G ไปใช้ เทคโนโลยีที่รองรับและทำงานควบคู่กันไปเอาไว้เพื่อให้เป็นแนวทางในการพัฒนาเครือข่าย 5G ต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับสำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (สำนักงาน กสทช.) (2561ก) ในรายงานไตรมาส 1 ของปี พ.ศ. 2561 มีประเด็นระบบและเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับ 5G การประยุกต์ใช้งาน 5G ในภาคส่วนต่าง ๆ รวมถึงคลื่นความถี่ที่มีความสำคัญต่อความสำเร็จของ 5G เพื่อเป็นมาตรฐานและแนวทางในการศึกษาใช้งานระบบเครือข่าย 5G สำนักงาน กสทช. (2561ข) ได้รายงานในไตรมาส 3 ของปี พ.ศ. 2561 เรื่องเทคโนโลยี 5G แนวทางการอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่ 5G ของต่างประเทศและความท้าทายของประเทศไทย โดยแสดงให้เห็นว่าต่างประเทศมีสถาปัตยกรรมเกี่ยวกับการใช้งานเครือข่าย 5G อย่างไร รวมทั้งแนวโน้มความสำเร็จและทิศทางที่จะเกิดขึ้นกับประเทศไทยในอนาคต

เทอดพงษ์ แดงสี และพิสิฐ พรพงศ์เตชวณิช (2562) ได้เขียนบทความวิชาการเรื่อง 5G เทคโนโลยีการสื่อสารแห่งทศวรรษหน้า ซึ่งได้นำเสนอภาพรวมและสถานการณ์เกี่ยวกับเทคโนโลยีการสื่อสารโทรคมนาคมยุค 5G โดยอธิบายวิวัฒนาการของเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ ปัจจัยที่ขับเคลื่อนให้เกิดเทคโนโลยี 5G เทคโนโลยีสำคัญที่สนับสนุน 5G ข้อกำหนดที่สำคัญ ๆ สำหรับการพัฒนาเทคโนโลยี 5G ตลอดจนเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะที่โดดเด่นของเทคโนโลยี เช่น อัตราการรับส่งข้อมูลที่เร็วกว่า 4G ถึง 20 เท่า และการประวิงเวลาที่ต่ำมาก

กอบชัย บุญทอง (2562) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่องการสร้างกรอบแนวคิดด้านความมั่นคงปลอดภัยบนเครือข่าย 5G โดยศึกษาสถาปัตยกรรมความมั่นคงปลอดภัยของเครือข่าย 5G ที่นำเสนอโดย 3GPP (3GPP access and non-3GPP access) และศึกษารอบแนวคิดของการคาดการณ์เพื่อป้องกันตัวเองบนสภาพแวดล้อมเครือข่าย 5G ที่ได้รับการทดสอบโดยสมาพันธ์ด้านการสื่อสารของยุโรปที่มีการออกแบบสถาปัตยกรรม 5G สำหรับการตอบสนองที่คาดการณ์ไว้ในอนาคต

ศิริวิทย์ กิตติวิญญกุล และคณะ (2563) ได้เรียบเรียงหนังสือเรื่อง เทคโนโลยีการสื่อสารยุค 5G โดยการสนับสนุนของกองทุนวิจัยและพัฒนาโครงการกระจายเสียง กิจกรรมโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ เป็นการรวบรวมหลักการและเหตุผลที่มีการผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนผ่านไปสู่ 5G แนะนำถึงโจทย์อุตสาหกรรมและกรณีการใช้งานที่สำคัญของ 5G รวมถึงให้รายละเอียดเบื้องต้นเกี่ยวกับเทคโนโลยีด้านโครงข่ายและคลื่นวิทยุที่จะถูกนำมาใช้กับเทคโนโลยีการสื่อสารในยุค 5G เช่น กรอบการทำงานสถาปัตยกรรม ช่องสัญญาณ เป็นต้น

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า บทความหรืองานวิจัยจะกล่าวถึงเครือข่าย 5G ในประเด็นลักษณะการใช้งาน ลักษณะการทำงาน และสถาปัตยกรรมเครือข่าย 5G แบบองค์รวม ซึ่งจากจุดนี้เองทำให้มีแนวคิดศึกษาสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการของเครือข่ายแกนกลาง 5G ในเชิงลึก เพื่อให้ผู้สนใจสามารถเข้าใจได้อย่างแท้จริงและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในองค์กรหรือหน่วยงานของตนเองได้ในอนาคต

4. ผลการศึกษา

การใช้งานสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการช่วยปรับปรุงการทำงานของระบบเครือข่ายในลักษณะโมดูลช่วยให้องค์ประกอบเครือข่ายหรือฟังก์ชันเครือข่าย (Network Function: NF) ใน 5G สื่อสารซึ่งกันและกันผ่านตัวประสานอ้างอิงที่ใช้บริการ ช่วยให้การแยกฟังก์ชันเครือข่ายมีฟังก์ชันการทำงานที่แม่นยำยิ่งขึ้น โดยฟังก์ชันเครือข่ายแต่ละชุดให้บริการแก่ฟังก์ชันเครือข่ายอื่น ๆ ในสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการ ฟังก์ชันเครือข่ายเหล่านี้สื่อสารซึ่งกันและกันโดยใช้ตัวประสานอ้างอิง (Representational State Transfer: REST) ที่เปิดกว้างมากกว่าโพรโทคอลโทรคมนาคมแบบดั้งเดิม เช่น Diameter

แนวคิดสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการนี้มาจากการผสมผสานสองแนวคิดหลักระหว่างไมโครเซอร์วิส (Microservice) และสถาปัตยกรรมแบบเน้นบริการ (Service Oriented Architecture: SOA) ที่แตกต่างกันอย่างมาก โดยในระดับความละเอียดของบริการไมโครเซอร์วิสมีขนาดเล็กซึ่งโดยทั่วไปประกอบด้วยหนึ่ง สอง หรือสามโมดูล และเน้นที่จุดประสงค์เดียว มีบริบทที่มีขอบเขตซึ่งส่วนประกอบบริการถูกผูกไว้กับข้อมูลของตัวเองและเพื่อการใช้งานของตัวเอง ส่วนอีกด้านหนึ่ง สถาปัตยกรรมแบบเน้นบริการถูกพัฒนาสำหรับบริการขนาดใหญ่ มีรูปแบบการเขียนโปรแกรมที่จำเป็นและเป็นขั้นตอน และการส่งข้อความจำนวนมาก (5G-PPP, 2018)

ดังนั้น สถาปัตยกรรมแบบอิงบริการสามารถแก้ปัญหาในทางปฏิบัติได้มากมาย แนวคิดหลักคือ การรักษารูปแบบสถาปัตยกรรมแบบเดียวกันของไมโครเซอร์วิส แต่เพื่อเพิ่มความละเอียดของบริการที่นำมาใช้ ดังนั้น สามารถกล่าวได้ว่าสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการเป็นแนวทางผสมระหว่างไมโครเซอร์วิสและสถาปัตยกรรมแบบเน้นบริการ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบสถาปัตยกรรมในรูปแบบต่าง ๆ

สถาปัตยกรรม เกณฑ์	สถาปัตยกรรมแบบ เน้นบริการ (SOA)	ไมโครเซอร์วิส (Microservice)	สถาปัตยกรรม แบบอิงบริการ (SBA)	การติดตั้งระบบ แบบเป็นกลุ่มเดียว (Monolithic)
ความคล่องตัว (Agility)	ต่ำ	สูง	กลาง	ต่ำ
การนำไปใช้ (Deployment)	ต่ำ	สูง	กลาง	ต่ำ
ความสามารถในการ ทดสอบ (Testability)	ต่ำ	สูง	กลาง	กลาง
ความสามารถ ในการปรับขนาด (Scalability)	กลาง	สูง	กลาง	ต่ำ
ประสิทธิภาพ (Performance)	ต่ำ	กลาง	กลาง	สูง
ความง่าย (Simplicity)	ต่ำ	กลาง	กลาง	สูง

ที่มา: Ford & Richards (2015)

ทุกฟังก์ชันเครือข่ายในสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการทำหน้าที่เป็นผู้ให้บริการ (Service producer) และผู้ใช้บริการ (Service consumer) สำหรับแต่ละฟังก์ชันเครือข่าย การสื่อสารทั้งหมดนี้ใช้ JavaScript Object Notation (JSON) ในการสื่อสารซึ่งกันและกัน ซึ่งทำให้เสร็จสมบูรณ์โดยใช้หนึ่งในสองกลไก ดังนี้

กลไกการตอบสนองคำขอ (Request-response mechanism) ฟังก์ชันเครือข่ายที่เป็นผู้ใช้บริการร้องขอฟังก์ชันเครือข่ายที่เป็นผู้ให้บริการสำหรับบริการผ่านคำขอ HTTP/2 และฟังก์ชันเครือข่ายที่เป็นผู้ให้บริการปฏิบัติตามคำร้องขอนั้น

กลไกการแจ้งสมาชิก (Subscribe-notify mechanism) ฟังก์ชันเครือข่ายที่เป็นผู้ใช้บริการลงทะเบียนรับเหตุการณ์บางอย่างของฟังก์ชันเครือข่ายที่เป็นผู้ให้บริการ และฟังก์ชันเครือข่ายที่เป็นผู้ให้บริการจะแจ้งให้ฟังก์ชันเครือข่ายที่เป็นผู้ใช้บริการทราบเมื่อเหตุการณ์เฉพาะนั้นเกิดขึ้น

สถาปัตยกรรมเครือข่ายแกนกลาง 5G ดังภาพที่ 2 เป็นสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการ ออกแบบให้มีองค์ประกอบภายในเครือข่ายที่มีทั้งหมด 11 ฟังก์ชัน ดังนี้

4.1 ฟังก์ชันการเปิดเผยของเครือข่าย (Network Exposure Function: NEF)

ฟังก์ชันการเปิดเผยของเครือข่าย มีการทำงานที่สามารถรองรับฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ ดังนี้

- 1) การเปิดเผยความสามารถและเหตุการณ์ (Capabilities and events)
- 2) ความสามารถและเหตุการณ์ของฟังก์ชันเครือข่ายอาจได้รับการเปิดเผยอย่างมั่นคงปลอดภัยจากฟังก์ชันการเปิดเผยของเครือข่าย เช่น ฟังก์ชันของแอปพลิเคชัน (Application functions) และการใช้เทคโนโลยีการประมวลผลแบบขอบโครงข่ายหรือเอดจ์คอมพิวติ้ง (Edge computing)
- 3) การจัดเก็บและดึงข้อมูล จะใช้ตัวประสานอ้างอิงมาตรฐาน (Node) เพื่อจัดเก็บหรือดึงข้อมูล โดยจะเชื่อมต่อไปยังฟังก์ชันที่เก็บรวบรวมข้อมูล (Unified Data Repository: UDR)

ฟังก์ชันการเปิดเผยของเครือข่ายสนับสนุนการเปิดเผยความสามารถและเหตุการณ์ การจัดหาที่มั่นคงปลอดภัยของสารสนเทศจากแอปพลิเคชันภายนอกไปยังเครือข่าย 3GPP รวมไปถึงการแปลสารสนเทศภายในหรือภายนอก โดยฟังก์ชันการเปิดเผยของเครือข่ายปรากฏในมาตรฐาน 5G ในส่วนของเกตเวย์ชายขอบ (Border gateway) ที่มีการตระหนักถึงบริการ (Service aware) ซึ่งจะช่วยให้ฟังก์ชันของแอปพลิเคชัน (Application Function: AF) ภายนอกสามารถสื่อสารกับเครือข่าย 5G ได้อย่างมั่นคงปลอดภัย (Rommer et al., 2019)

ฟังก์ชันการเปิดเผยของเครือข่ายรองรับการโต้ตอบกับแอปพลิเคชันภายนอกและยังแสดงถึงความสามารถของเครือข่าย (Network capabilities) 5G ที่สามารถใช้งานได้กับแอปพลิเคชันที่หลากหลาย เป็นเรื่องที่น่าสนใจสำหรับการเปิดโอกาสทางธุรกิจใหม่ ๆ สำหรับผู้ให้บริการแอปพลิเคชันที่เปิดใช้งานบริการเครือข่ายขั้นสูงได้ การทำงานหลักรูปแบบหนึ่งที่ได้รับการสนับสนุนจากฟังก์ชันการเปิดเผยของเครือข่าย คือ การอนุญาตให้แอปพลิเคชันภายนอกสามารถเรียกและเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อดำเนินการบางอย่างที่เกี่ยวข้องกับแอปพลิเคชันนั้น ๆ ได้

การเปิดเผยบริการ (Service exposure) ถือเป็นหนึ่งในความสามารถที่สำคัญของโครงข่าย 5G การเปิดเผยและการให้บริการเฉพาะอย่างมีความสำคัญต่อการสร้างเครือข่ายที่สามารถโปรแกรมได้ (Programmable networks) และสามารถจัดการกับโหลดที่ขอบโครงข่าย (Edge loads) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะอำนวยความสะดวกกับธุรกิจด้านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) และสร้างโอกาสทางการค้าใหม่ ๆ จากเทคโนโลยี 5G ได้

นอกจากนี้ การทำแพ็คเกจบริการระดับที่สูงกว่า (Prepackaging higher-level services) เช่น การสตรีมวิดีโอความหน่วงต่ำ (Low latency) และการคิดค่าบริการแบบย้อนกลับ (Reverse charging) ก็สามารถทำได้โดยการใช้ความสามารถของฟังก์ชันการเปิดเผยของเครือข่ายและฟังก์ชันการเปิดเผยความสามารถในการให้บริการ (Service Capability Exposure Functions: SCEF) ตลอดจนการสร้างฟังก์ชันพร้อมใช้งานที่สามารถกระจายการเก็บข้อมูลผ่านคลังเก็บข้อมูลแบบเปิด (Open repositories) ซึ่งในบางกรณีอาจเกี่ยวข้องกับเฟรมเวิร์กการคำนวณชายขอบ (Edge computing frameworks) (3GPP, 2021a; 3GPP, 2021c; Friman et al., 2019)

4.2 ฟังก์ชันที่เก็บข้อมูลฟังก์ชันเครือข่าย (NF Repository Function: NRF)

ฟังก์ชันเครือข่ายที่สร้างขึ้นโดยวิธีไมโครเซอร์วิสจะถูกพัฒนาเป็นข่ายบริการที่สมบูรณ์ (Complete service mesh) ด้วยการค้นหบริการ (Service discovery) การจัดโหลดให้สมดุลกัน (Load balancing) การเข้ารหัส (Encryption) การพิสูจน์ตัวตน (Authentication) และการอนุญาตใช้งาน (Authorization) การใช้งานไซด์คาร์ (Sidecar) สำหรับการสื่อสารระหว่างบริการ การใช้งานไซด์คาร์จะทำให้การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ เชื่อมต่อกันอย่างต่อเนื่อง เช่น ทำให้ iPad กลายเป็นหน้าจอที่ 2 หรือหน้าจอแยกให้กับเครื่อง MAC ได้ ซึ่งในการใช้งานเพื่อให้เกิดความต่อเนื่องนั้น อุปกรณ์ต้องเปิดสัญญาณเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบไร้สายหรือไวไฟ (Wi-Fi) และเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคลหรือบลูทูธ (Bluetooth) และต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดของระบบ

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการนั้นใช้ขอบข่ายงานหรือเฟรมเวิร์กการค้นหาแบบรวมศูนย์ (Centralized discovery framework) ที่ใช้ประโยชน์จากฟังก์ชันที่เก็บข้อมูลฟังก์ชันเครือข่าย กล่าวคือ มีการเก็บรักษาบันทึกของกรณีตัวอย่าง (Instance) และบริการสนับสนุนต่าง ๆ ของฟังก์ชันเครือข่าย ซึ่งช่วยให้สามารถใช้กรณีตัวอย่างในการติดตาม (Subscribe) และสามารถรับแจ้งการลงทะเบียนจากกรณีตัวอย่างฟังก์ชันเครือข่ายในประเภทที่กำหนด นอกจากนี้ฟังก์ชันที่เก็บข้อมูลฟังก์ชันเครือข่ายยังรองรับการค้นหาบริการโดยรับการร้องขอการค้นหา (Discovery requests) จากกรณีตัวอย่างฟังก์ชันเครือข่ายและรายละเอียดที่สนับสนุนบริการเฉพาะของกรณีตัวอย่างฟังก์ชันเครือข่าย (3GPP, 2021b)

4.3 ฟังก์ชันการเลือกชิ้นส่วนเครือข่าย (Network Slice Selection Function: NSSF)

การจัดแบ่งทรัพยากรระบบประมวลผลเป็นความสามารถพื้นฐานใหม่ของโครงสร้างพื้นฐาน 5G ซึ่งจะนำไปสู่ความยืดหยุ่นในการประยุกต์ใช้งาน (Deployment flexibility) ในระดับสูงและการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ (Efficient resource utilization) เมื่อปรับใช้บริการเครือข่ายและแอปพลิเคชันที่หลากหลาย โดยชิ้นส่วนเครือข่ายต้นทางถึงปลายทาง (End to end) เชิงตรรกะ (Logical) จะมีความสามารถที่กำหนดไว้ล่วงหน้า (Pre-determined capabilities) ทั้งลักษณะการรับส่งข้อมูลและข้อตกลงระดับการให้บริการรวมถึงทรัพยากรเสมือนจริงที่จำเป็นสำหรับการให้บริการตามความต้องการของผู้ให้บริการเสมือน

(Mobile Virtual Network Operator: MVNO) หรือกลุ่มสมาชิก (Group of subscribers) ซึ่งจะใช้งานร่วมกันกับฟังก์ชันการเคลื่อนที่ในส่วนผู้ใช้งาน (User Plane Function: UPF) ฟังก์ชันการจัดการเซสชัน (Session Management Function: SMF) และฟังก์ชันการควบคุมนโยบาย (Policy Control Function: PCF)

กรณีตัวอย่างฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่ (Access and Mobility Management Function: AMF) ที่ให้บริการแก่อุปกรณ์ผู้ใช้งาน (User Equipment: UE) ที่เป็นสมาชิกอยู่ทั้งหมด ซึ่งในปัจจุบัน อุปกรณ์ผู้ใช้งานถูกจำกัดไว้ที่ 8 อุปกรณ์ โดยใช้การระบุชิ้นส่วนเครือข่ายผ่านข้อมูลความช่วยเหลือในการเลือกแบ่งชิ้นส่วนเครือข่ายแบบเดี่ยว (Single Network Slice Selection Assistance Information: S-NSSAI) การเลือกกรณีตัวอย่างการแบ่งชิ้นส่วนเครือข่าย (Network slice instance) ถูกเรียกใช้โดยฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่แรกที่ได้รับการร้องขอการลงทะเบียนอุปกรณ์ผู้ใช้งาน (UE registration request) ซึ่งจะดึงชิ้นส่วนที่ได้รับอนุญาต (Permitted slices) จากองค์ประกอบของการจัดการข้อมูลแบบครบวงจร (Unified Data Management: UDM) จากนั้นจะทำการร้องขอกรณีตัวอย่างชิ้นส่วนเครือข่ายที่เหมาะสมจากฟังก์ชันการเลือกชิ้นส่วนเครือข่าย

4.4 ฟังก์ชันการบริการจัดการข้อมูลแบบครบวงจร

ฟังก์ชันการบริการจัดการข้อมูลแบบครบวงจร เป็นส่วนที่ให้บริการสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการอื่น ๆ เช่น ฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่ ฟังก์ชันการจัดการเซสชัน และฟังก์ชันการเปิดเผยของเครือข่าย โดยทั่วไปแล้วการบริการจัดการข้อมูลแบบครบวงจรจะได้รับการยอมรับว่าเป็นที่เก็บข้อความแบบมีสถานะ (Stateful message store) โดยมีข้อมูลอยู่ในหน่วยความจำภายในเครื่อง อย่างไรก็ตาม การบริการจัดการข้อมูลแบบครบวงจรอาจจะไม่เก็บสถานะก็ได้ ซึ่งจะเก็บข้อมูลภายนอกไว้ที่จัดเก็บรวบรวมข้อมูลแบบครบวงจร (Unified Data Repository: UDR) นั้นคล้ายคลึงกับเซิร์ฟเวอร์ลงทะเบียนผู้ใช้งาน (Home Subscriber Server: HSS) ซึ่งให้ข้อมูลรับรองการตรวจสอบสิทธิ์ (Authentication credentials) ในขณะที่ฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่และฟังก์ชันการจัดการเซสชันใช้เพื่อดึงข้อมูลสมาชิกและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

4.5 ฟังก์ชันการควบคุมนโยบาย (Policy Control Function: PCF)

ฟังก์ชันการควบคุมนโยบาย สนับสนุนเฟรมเวิร์กนโยบายแบบครบวงจร (Unified policy framework) ภายในโครงสร้างพื้นฐาน 5G สำหรับกำกับดูแลพฤติกรรมเครือข่าย โดยฟังก์ชันการควบคุมนโยบายจะเข้าถึงข้อมูลการสมัครสมาชิกจากการจัดการข้อมูลแบบครบวงจรซึ่งจำเป็นในการตัดสินใจเกี่ยวกับนโยบาย จากนั้นจะสร้างกฎนโยบาย (Policy rules) ที่เหมาะสมไปยังฟังก์ชันระนาบการควบคุมเพื่อให้สามารถบังคับใช้ได้ ซึ่งฟังก์ชันการควบคุมนโยบายนั้นคล้ายคลึงกับฟังก์ชันนโยบายและกฎการเรียกเก็บเงิน (Policy and Charging Rules Function: PCRF) ในสถาปัตยกรรมวิวัฒนาการของระบบหลักเครือข่าย (Evolved Packet Core: EPC)

4.6 ฟังก์ชันการจัดการเซสชัน (Session Management Function: SMF)

ฟังก์ชันการจัดการเซสชันเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของ 5G สถาปัตยกรรมแบบอิงบริการ ฟังก์ชันการจัดการเซสชันมีหน้าที่หลักในการโต้ตอบกับระนาบข้อมูล (Data plane) โดยจะแยกส่วนข้อมูลออกจากกัน สร้างการอัปเดตและลบเซสชันโดยใช้หน่วยโปรโตคอลของข้อมูล (Protocol Data Unit: PDU) อีกทั้งยังจัดการบริบทเซสชันด้วยฟังก์ชันการเคลื่อนที่ในส่วนผู้ใช้งาน

ฟังก์ชันการจัดการเซสชันภายในสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการทั้งที่ให้บริการแก่อุปกรณ์ผู้ใช้งานและสถานีฐานใหม่เรียกว่า gNB หรือเรียกว่า gNodeB โดยใช้ฟังก์ชันโปรโตคอลแอปพลิเคชันรุ่นต่อไป (Next Generation Application Protocol: NGAP) เพื่อส่งข้อความไปยังชั้นที่ไม่สามารถเข้าถึงได้ (Non Access Stratum: NAS) ผ่านตัวประสานอ้างอิง N1 หรือ N2 (ดังภาพที่ 2) เพื่อขอเซสชันใหม่ ฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่ได้รับการร้องขอเหล่านี้และจัดการกับสิ่งต่าง ๆ สำหรับการเชื่อมต่อหรือการเคลื่อนที่ ในขณะที่ส่งต่อข้อกำหนดการจัดการเซสชันผ่านตัวประสานอ้างอิง N11 (ดังภาพที่ 2) ไปยังฟังก์ชันการจัดการเซสชัน

ฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่จะกำหนดว่าฟังก์ชันการจัดการเซสชันใดเหมาะสมที่สุดในการจัดการการร้องขอการเชื่อมต่อโดยการสอบถามฟังก์ชันที่เก็บข้อมูลฟังก์ชันเครือข่ายโดยตัวประสานนั้นและตัวประสานอ้างอิง N11 (ดังภาพที่ 2) ระหว่างฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่ และเฉพาะฟังก์ชันการจัดการเซสชัน ที่กำหนดโดยฟังก์ชันที่เก็บข้อมูลฟังก์ชันเครือข่ายโดยใช้บัสข้อความ (Message bus) ตามตัวประสานที่อิงบริการ (Service Based Interface: SBI) ไปยังองค์ประกอบสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการทั้งหมดที่เชื่อมต่ออยู่บัสข้อความตามตัวประสานการบริการใช้หลักการของมาตรฐานการให้บริการเว็บเซอวิส (Restful API) ผ่านการโยกย้ายตำแหน่งข้อความหลายมิติรุ่น 2 (Hypertext Transfer Protocol 2: HTTP/2) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเว็บที่ช่วยลดความยุ่งยากและช่วยเร่งการปรับใช้บริการเป็นอย่างมาก

การเรียกใช้ตัวประสานที่อิงบริการพื้นฐานสำหรับการลงทะเบียนและค้นหาฟังก์ชันการจัดการเซสชันต่อข้อความ 3GPP TS 23.502 ที่ได้รับผ่านตัวประสานอ้างอิง N11 (ดังภาพที่ 2) เป็นการสั่งงานเพื่อเพิ่มแก้ไข หรือลบเซสชันหน่วยโปรโตคอลของข้อมูลทั่วทั้งระนาบผู้ใช้งาน

ฟังก์ชันการจัดการเซสชันจะส่งข้อความถึงฟังก์ชันการเคลื่อนที่ในส่วนผู้ใช้งานผ่านตัวประสานอ้างอิง N4 โดยใช้โปรโตคอลควบคุมการส่งต่อแพ็กเก็ต (Packet Forwarding Control Protocol: PFCP) ซึ่งคล้ายคลึงกับโปรโตคอลส่งต่อข้อมูล (Open flow) โดยธรรมชาติแล้วโปรโตคอลควบคุมการส่งต่อแพ็กเก็ตจะใช้พอร์ต 8805 ยูดีพี (User Datagram Protocol: UDP) และมีการกำหนดไว้ในมาตรฐานของตัวเฉพาะรีลีส 14 (Release 14 specifications) เพื่อรองรับการแบ่งระนาบการควบคุมและผู้ใช้งาน (Control and User Plane Separation: CUPS)

ในระหว่างการสร้างเซสชันหรือการแก้ไขฟังก์ชันการจัดการเซสชันยังได้ต่อกับฟังก์ชันการควบคุม นโยบายผ่านตัวประสานอ้างอิง N7 (ดังภาพที่ 2) และข้อมูลโปรไฟล์ผู้สมัครสมาชิก (Subscriber profile information) ที่เก็บไว้ในฟังก์ชันการจัดการข้อมูลแบบครบวงจรในตัวประสานอ้างอิง N10 (ดังภาพที่ 2) ซึ่งตั้งสมมติฐานว่าบทบาทก่อนหน้านี้ทำงานโดยเซิร์ฟเวอร์ลงทะเบียนตั้งต้นโดยใช้ข้อมูลตามตัวประสาน ที่ต้องการนั้น ฟังก์ชันการควบคุมนโยบายจะมีพื้นฐานของเฟรมเวิร์กนโยบาย (Policy framework) อีกทั้งรวมถึง คุณภาพของบริการหรือคิวโอเอส (Quality of Service: QoS) และกฎการเรียกเก็บเงินรวมถึงการเลือกการจัดแบ่ง ทรัพยากรระบบประมวลผล (Network slice) ซึ่งถูกควบคุมโดยฟังก์ชันการเลือกชิ้นส่วนเครือข่าย

การแยกฟังก์ชันระนาบการควบคุมอื่น ๆ จากระนาบผู้ใช้ ในขณะที่ใช้งานพร้อมกับฟังก์ชัน การจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่ สมมติว่าฟังก์ชันบางส่วนที่ดำเนินการก่อนหน้านี้โดยฟังก์ชันการทำงาน ของ 4G ในการจัดการการเคลื่อนที่ของเครื่องมือถือ (Mobility Management Entity: MME) นั้น ฟังก์ชัน การจัดการเซสชันจะทำหน้าที่ของเซิร์ฟเวอร์ดีเอชซีพี (Dynamic Host Configuration Protocol: DHCP) และระบบจัดการที่อยู่ไอพี (IP Address Management: IPAM)

เมื่อรวมกับฟังก์ชันการเคลื่อนที่ในส่วนผู้ใช้งานแล้ว ฟังก์ชันการจัดการเซสชันจะเก็บบันทึกสถานะ เซสชันหน่วยโปรโตคอลของข้อมูลโดยใช้หมายเลขเซสชันหน่วยโปรโตคอลของข้อมูล 24 บิต (24 bit PDU Session ID) ฟังก์ชันการจัดการเซสชันตั้งค่าของพารามิเตอร์การกำหนดค่า (Configuration) ในฟังก์ชัน การเคลื่อนที่ในส่วนผู้ใช้งานที่กำหนดพารามิเตอร์ควบคุมทราฟฟิก (Traffic steering parameters) และ ตรวจสอบให้แน่ใจถึงเส้นทางที่เหมาะสมของแพ็กเก็ตในขณะการส่งมอบแพ็กเก็ตที่เข้ามาผ่านการแจ้งเตือนข้อมูล ดาวน์ลิงก์ (Downlink data notification) (Rommer et al., 2019)

ในสถาปัตยกรรมของ 4G วิวัฒนาการของระบบหลักเครือข่ายเป็นการส่งข้อความโดยใช้เส้นทาง เกตเวย์ (Serving Gateway: SGW) ถึงการจัดการการเคลื่อนที่ของเครื่องมือถือ โดยฟังก์ชันการจัดการเซสชัน มีหน้าที่ตรวจสอบว่าคำขอที่ให้บริการแก่อุปกรณ์ผู้ใช้งานนั้นสอดคล้องกับการสมัครสมาชิกของผู้ใช้และ การคิดค่าบริการการเชื่อมต่อหรือไม่ ซึ่งทำได้โดยการโต้ตอบกับฟังก์ชันการเรียกเก็บเงิน (Charging Function: CHF) ที่กำหนดภายใน 3GPP TS 32.255

เพื่อตอบสนองความต้องการด้านสถาปัตยกรรมของ 5G ฟังก์ชันการจัดการเซสชันจะต้องได้รับ การออกแบบและส่งมอบอย่างสมบูรณ์ในรูปแบบฟังก์ชันเครือข่ายแบบคลาวด์เนทีฟ (Cloud-native) ซึ่งปรับใช้ แบบไดนามิกและปรับขนาดตามความต้องการได้อย่างอัตโนมัติ ซึ่งเป็นข้อกำหนดที่ซับซ้อนเป็นพิเศษของ ส่วนประกอบการควบคุมความพร้อมใช้งานสูง (High availability control components) ที่มีการเรียกใช้ แบบอะซิงโครนัสข้ามโครงสร้างพื้นฐานที่มีความหลากหลายทางภูมิศาสตร์ที่ต้องการการบำรุงรักษาของสถานะ ในระยะยาวและระยะสั้น (Long and short lived state maintenance)

ฟังก์ชันเหล่านี้ต้องใช้รูปแบบการออกแบบที่กำหนดขึ้นสำหรับการสร้างและปรับใช้เว็บแอปพลิเคชันที่มีความยืดหยุ่นได้อย่างมากเพื่อปรับให้เหมาะสมกับข้อจำกัดของเครือข่ายการสื่อสารแบบเรียลไทม์ (Real time)

มาตรฐานการให้บริการ REST โดยธรรมชาติแล้วเป็น Stateless และ 3GPP ได้กำหนดฟังก์ชันการจัดเก็บข้อมูลแบบโครงสร้างและไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Data Storage Functions: UDSF) ซึ่งสามารถใช้งานโดยฟังก์ชันเครือข่ายใด ๆ เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือและการกระจายโหลด อย่างไรก็ตาม หลักการออกแบบเหล่านี้จะต้องส่งมอบในฟังก์ชันการจัดการเซสชัน 5G บนคลาวด์อย่างแท้จริง

4.7 ฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่ (Access and Mobility Management Function: AMF)

ด้วยฟังก์ชันการทำงานของ 4G การจัดการการเคลื่อนที่ของเครื่องมือถือได้ถูกแยกออกเป็น ส่วนต่าง ๆ ใน 5G โดยฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่ที่ได้รับการเชื่อมต่อและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ เซสชันทั้งหมดจากการลงทะเบียนอุปกรณ์ผู้ใช้งานผ่านตัวประสานอ้างอิง N1 หรือ N2 (ดังภาพที่ 2) แต่หน้าที่หลักของการจัดการการเชื่อมต่อและการจัดการการเคลื่อนที่ข้อความทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเซสชันจะถูกส่งต่อผ่านตัวประสานอ้างอิง N11 (ดังภาพที่ 2) ไปยังฟังก์ชันการจัดการเซสชัน

เนื่องจากเครือข่ายมือถือประกอบด้วยฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่จำนวนมาก จึงใช้ตัวระบุฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่ที่เป็นเอกลักษณ์ทั่วโลก (Globally Unique AMF Identifier: GUAMI) ที่ให้บริการแก่อุปกรณ์ผู้ใช้งานทำการระบุในข้อความ สิ่งแรกที่จะถูกส่งไปยังฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่ผ่านโครงข่ายการเข้าถึงบนคลื่นวิทยุ (Radio Access Network: RAN) การใช้งานใช้ได้กับทั้งการเข้าถึง 3GPP และการเข้าถึงที่ไม่ใช่ 3GPP นอกจากนี้ฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่ที่เป็นเอกลักษณ์ทั่วโลกยังรับรองว่าข้อความจากการให้บริการแก่อุปกรณ์ผู้ใช้งานได้ถูกลงทะเบียนผ่านเครือข่ายการเข้าถึง ข้อมูลทั้งสองจะได้รับการส่งต่อไปยังฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่เดียวกัน โดยมีฟังก์ชัน N3IWF (Non-3GPP Interworking Function) ทำหน้าที่กำหนดเส้นทางข้อความที่ออกจาก 5G ของโครงข่ายการเข้าถึงบนคลื่นวิทยุ

4.8 ฟังก์ชันระนาบผู้ใช้ (User Plane Function: UPF)

ฟังก์ชันระนาบผู้ใช้เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของสถาปัตยกรรมระบบโครงสร้างพื้นฐาน 3GPP แกนกลาง 5G ฟังก์ชันระนาบผู้ใช้แสดงถึงวิวัฒนาการของระนาบข้อมูล (Data plane) ของกลยุทธ์การแยก ระนาบการควบคุมและผู้ใช้ (Control and User Plane Separation: CUPS) มีการนำมาใช้เป็นส่วนขยาย (Extension) ของกรอบสำหรับการให้บริการเสียงและข้อมูล (Evolved Packet Cores: EPCs) ที่มีอยู่แล้ว โดย 3GPP ในมาตรฐานของตัวเฉพาะรหัส 14

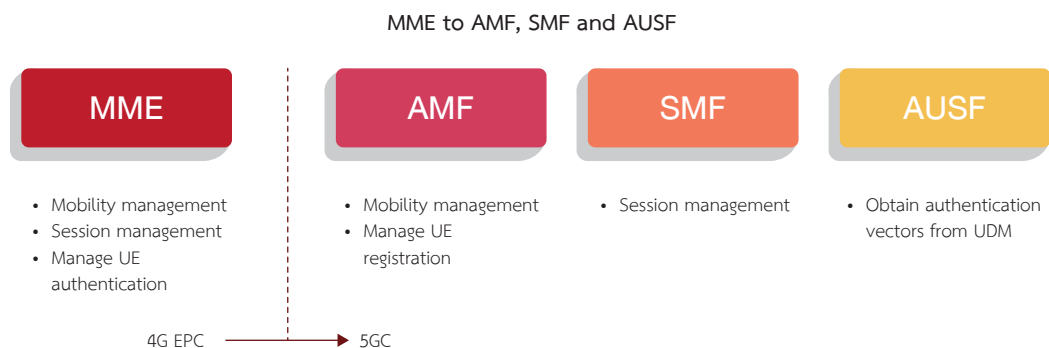
การแยกระนาบการควบคุมและผู้ใช้งานแยกการควบคุมแพ็กเก็ตเกตเวย์ (Packet Gateway: PGW) และฟังก์ชันระนาบผู้ใช้ ทำให้สามารถกระจายการส่งต่อข้อมูลคอมพิวเตอร์เน็ต (Data Forwarding Component: PGW-U) วิธีนี้ช่วยให้การประมวลผลแพ็กเก็ตเกตและการรวมทราฟฟิก (Traffic aggregation) ทำงานได้เต็มประสิทธิภาพของเครือข่ายมากขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานแบนด์วิดท์ (Bandwidth) อีกทั้งยังช่วยลดการทำงานของเครือข่ายการจัดการสัญญาณการส่งสัญญาณ (Handling Signaling Traffic: PGW-C) ในการควบคุมแพ็กเก็ตเกตเวย์ของการจัดการการเคลื่อนที่ของเครื่องมือถือ

เป้าหมายหลักของการแยกระนาบการควบคุมและผู้ใช้งานคือเพื่อรองรับการใช้งาน 5G มาตรฐานคลื่นวิทยุใหม่ (New Radio: NR) ทำให้สนับสนุนแอปพลิเคชันอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและอัตราการส่งข้อมูลที่สูงขึ้น อย่างไรก็ตาม การดำเนินการแยกระนาบการควบคุมและผู้ใช้อย่างสมบูรณ์เป็นข้อเสนอที่ซับซ้อนซึ่งให้ประโยชน์เพียงเล็กน้อยจากฟังก์ชันการเคลื่อนที่ในส่วนผู้ใช้งาน 5G เช่น การแบ่งส่วนเครือข่าย เป็นต้น

โดยการปรับใช้ภายในโครงสร้างพื้นฐานการคำนวณเนทีฟคลาวด์แบบไดนามิกของฟังก์ชันการเคลื่อนที่ในส่วนผู้ใช้งานจะมอบบริการพื้นฐานการประมวลผลแพ็กเก็ตเกตสำหรับสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการ (Rahnama & Dryjanski, 2017)

4.9 ฟังก์ชันเซิร์ฟเวอร์การพิสูจน์ตัวตน (Authentication Server Function: AUSF)

เครือข่าย 5G ได้รับการออกแบบมาเพื่อให้การแบ่งแยกระหว่างฟังก์ชันการควบคุมและระนาบผู้ใช้ชัดเจน ทำให้สามารถใช้งานได้โดยฟังก์ชันโครงข่ายเสมือน (Network Function Virtualization: NFV) และซอฟต์แวร์กำหนดค่าบนระบบเครือข่าย (Software Defined Networking: SDN) ฟังก์ชันการจัดการการเคลื่อนที่ของเครื่องมือถือในสถาปัตยกรรมของ 4G เป็นพัฒนาการของระบบหลักเครือข่ายได้รับการกระจายระหว่างฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่ ฟังก์ชันการจัดการเซสชัน และฟังก์ชันเซิร์ฟเวอร์การพิสูจน์ตัวตน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ฟังก์ชัน MME ได้รับการกระจายเป็น AMF, SMF และ AUSF

ที่มา: Shepherd (2018) (ปรับปรุงภาพโดยผู้เขียน)

ฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่ ทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของบทบาทของ 4G การจัดการการเคลื่อนที่ของเครื่องมือถือ ซึ่งนั่นคือการจัดการการเคลื่อนที่ของฟังก์ชัน การจัดการการเข้าถึง และการเคลื่อนที่ การเชื่อมต่อสัญญาณชั้นที่ไม่สามารถเข้าถึงได้กับการให้บริการแก่อุปกรณ์ผู้ใช้งาน และจัดการขั้นตอนการลงทะเบียนให้บริการแก่อุปกรณ์ผู้ใช้งาน นอกจากนี้ฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่ ยังรับผิดชอบการจัดเพจจิง (Paging) ด้วย

การพิสูจน์ตัวตนสมาชิกระหว่างการลงทะเบียนหรือการลงทะเบียนซ้ำกับ 5G ได้รับการจัดการโดยฟังก์ชันเซิร์ฟเวอร์การพิสูจน์ตัวตน ซึ่งได้รับการพิสูจน์ตัวตน (Authentication vectors) จากการบริการจัดการข้อมูลแบบครบวงจร

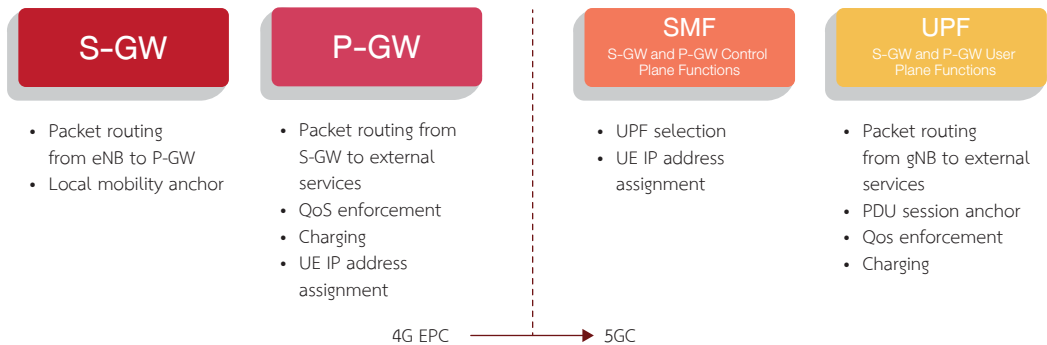
แกนกลาง 5G ฟังก์ชันการจัดการเซสชันของ 4G การจัดการการเคลื่อนที่ของคลื่นโทรศัพท์มือถือ และรวมฟังก์ชันระนาบการควบคุมบางส่วนของเกตเวย์ให้บริการ (Serving Gateway: S-GW) และเกตเวย์เครือข่ายข้อมูลสาธารณะ (Public data Network Gateway: P-GW) โดยฟังก์ชันการจัดการเซสชันจะทำการจัดสรรที่อยู่ไอพีให้กับการบริการแก่อุปกรณ์ผู้ใช้งาน

ฟังก์ชันระนาบผู้ใช้งานรวมฟังก์ชันการรับส่งทราฟฟิกของผู้ใช้ที่ดำเนินการก่อนหน้านี้โดยเกตเวย์ให้บริการและเกตเวย์เครือข่ายข้อมูลสาธารณะในสถาปัตยกรรมของ 4G วิวัฒนาการของระบบหลักเครือข่าย โดยฟังก์ชันระนาบผู้ใช้งานจะยึดการใช้ที่อยู่ไอพีของการบริการแก่อุปกรณ์ผู้ใช้งานปริมาณการใช้ทราฟฟิกอปลิงก์ โดยรวมนั้นมาจากการบริการแก่อุปกรณ์ผู้ใช้งานไปยังสถานีฐาน gNB ไปยังฟังก์ชันระนาบผู้ใช้ และนอกจากนี้ฟังก์ชันระนาบผู้ใช้งานยังมีฟังก์ชันบังคับใช้งาน QoS

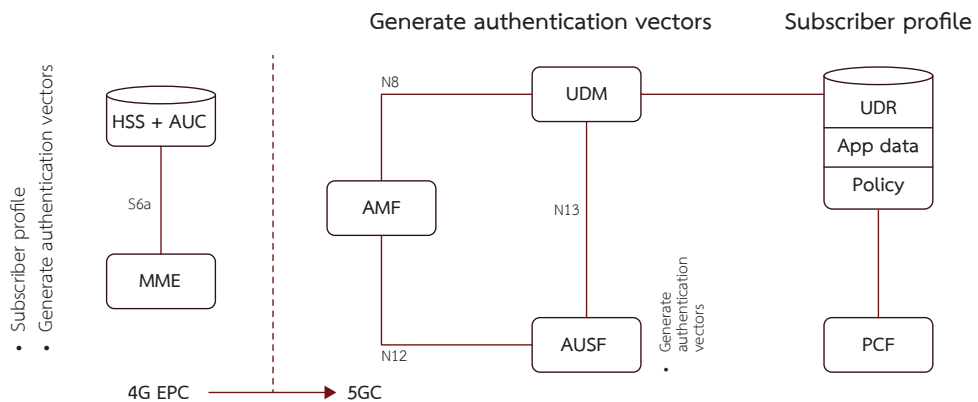
เกตเวย์ให้บริการและเกตเวย์เครือข่ายข้อมูลสาธารณะในสถาปัตยกรรมของ 4G วิวัฒนาการของระบบหลัก เครือข่ายเกตเวย์ให้บริการและเกตเวย์เครือข่ายข้อมูลสาธารณะได้รับการรวมและแยกออกเป็นฟังก์ชันระนาบการควบคุมและระนาบผู้ใช้ และถูกนำเข้าสู่ฟังก์ชันการจัดการเซสชันและฟังก์ชันระนาบผู้ใช้ (ดังภาพที่ 4)

เมื่อการให้บริการแก่อุปกรณ์ผู้ใช้งานอยู่ในโหมดทรานส์มิชชันลิงก์ว่าง (Idle mode downlink traffic) จะถูกบัฟเฟอร์ไว้ที่ฟังก์ชันระนาบผู้ใช้ จากนั้นฟังก์ชันระนาบผู้ใช้งานจะส่งสัญญาณไปยังฟังก์ชันการจัดการเซสชัน ซึ่งจะส่งสัญญาณไปยังฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่เพื่อเริ่มขั้นตอนการเพจจิง

S-GW and P-GW to SMF, UPF



ภาพที่ 4 สองเกตเวย์ใน 4G EPC, S-GW และ P-GW ได้รับการรวมและแยกออกเป็นฟังก์ชันระนาบการควบคุมและระนาบผู้ใช้ และถูกนำเข้าสู่ SMF และ UPF
ที่มา: Shepherd (2018) (ปรับปรุงภาพโดยผู้เขียน)



ภาพที่ 5 การบริหารจัดการ Subscriber, Policy, and other Data
ที่มา: Shepherd (2018) (ปรับปรุงภาพโดยผู้เขียน)

ในการจัดการสมาชิกและข้อมูลอื่น ๆ เกี่ยวกับสมาชิก ข้อมูลเฉพาะแอปพลิเคชัน และข้อมูลนโยบายสามารถเก็บไว้ในที่เก็บรวบรวมข้อมูลกลางโดยการบริการจัดการข้อมูลแบบครบวงจรมีส่วนติดต่อกับฟังก์ชันเครือข่าย เช่น ฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่ และฟังก์ชันการจัดการเซสชันเพื่อให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องพร้อมใช้งานกับฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่และฟังก์ชันการจัดการเซสชัน (ดังภาพที่ 5)

การจัดเก็บรวบรวมข้อมูลกลางสามารถจัดเก็บข้อมูลที่มีโครงสร้างที่สามารถเปิดเผยกับฟังก์ชันเครือข่าย ในขณะเดียวกันฟังก์ชันการจัดเก็บข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้างมีไว้สำหรับการจัดเก็บและการดึงข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้างโดยฟังก์ชันเครือข่ายที่เหมาะสม การบริการจัดการข้อมูลแบบครบวงจรจะสร้างรูปแบบการพิสูจน์ตัวตนเมื่อมีการร้องขอโดยใช้ฟังก์ชันเวิร์กการพิสูจน์ตัวตน

4.10 ฟังก์ชันของแอปพลิเคชัน (Application Function: AF)

ฟังก์ชันของแอปพลิเคชันเป็นตัวดำเนินการ เช่น การเข้าถึงฟังก์ชันการเปิดรับเครือข่าย (Network exposure function) สำหรับการดึงทรัพยากร การโต้ตอบกับฟังก์ชันการควบคุมนโยบายสำหรับการควบคุมนโยบายแอปพลิเคชัน การรับส่งข้อมูล การเปิดเผยบริการแก่ผู้ใช้ปลายทาง เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบกับสถาปัตยกรรมของ 4G วิวัฒนาการของระบบหลักเครือข่ายมีฟังก์ชันคล้ายกับฟังก์ชันของแอปพลิเคชันของเครือข่าย 4G

4.11 เครือข่ายข้อมูล (Data Network: DN)

หนึ่งในภารกิจหลักของระบบ 5G (5G System: 5GS) คือให้การเชื่อมต่อข้อมูลแก่การบริการแก่อุปกรณ์ผู้ใช้งานไปยังเครือข่ายข้อมูล เช่น อินเทอร์เน็ต ผู้ให้บริการบุคคลที่สาม ผู้ให้บริการเครือข่ายข้อมูลเฉพาะสำหรับจุดศูนย์รวมมัลติมีเดียของเครือข่าย (IP Multimedia Subsystem: IMS) หรือเครือข่ายข้อมูลเฉพาะ เช่น โรงงาน เป็นต้น ฟังก์ชันการจัดการเซสชัน ของ 5GS มีหน้าที่รับผิดชอบในการตั้งค่าการเชื่อมต่อสำหรับการบริการแก่อุปกรณ์ผู้ใช้งานไปยังเครือข่ายข้อมูล รวมถึงการจัดการระนาบผู้ใช้สำหรับการเชื่อมต่อนั้น การจัดการเซสชันจึงเป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญของ 5GS

หนึ่งในเป้าหมายการออกแบบที่มีการจัดการเซสชันใน 5G คือความยืดหยุ่นในการรองรับกรณีการใช้งาน 5G ที่หลากหลาย เช่น ประเภทโพรโทคอลเซสชัน หน่วยโพรโทคอลของข้อมูลที่แตกต่างกัน จะใช้ตัวเลือกที่แตกต่างกันสำหรับวิธีจัดการกับเซสชันและการบริการที่ต่อเนื่อง รวมถึงสถาปัตยกรรมระนาบผู้ใช้ที่ยืดหยุ่น

5. การอภิปรายผล

สถาปัตยกรรมเครือข่ายแกนกลาง 5G เป็นสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการ ออกแบบให้มียุทธศาสตร์ประกอบภายในเครือข่ายที่มีฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ทั้งหมด 11 องค์ประกอบ คือ ฟังก์ชันการเปิดเผยของเครือข่าย ฟังก์ชันที่เก็บข้อมูลฟังก์ชันเครือข่าย ฟังก์ชันการเลือกชิ้นส่วนเครือข่าย ฟังก์ชันการบริหารจัดการข้อมูลแบบครบวงจร ฟังก์ชันการควบคุมนโยบาย ฟังก์ชันการจัดการเซสชัน ฟังก์ชันการจัดการการเข้าถึงและการเคลื่อนที่ ฟังก์ชันระนาบผู้ใช้ ฟังก์ชันเซิร์ฟเวอร์การพิสูจน์ตัวตน ฟังก์ชันของแอปพลิเคชัน และเครือข่ายข้อมูล ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีการทำงานเฉพาะและมีการประสานการทำงานร่วมกัน การเข้าใจฟังก์ชันการทำงานเหล่านี้จะช่วยให้ผู้ศึกษา รวมถึงนักวิจัยในสายงานต่าง ๆ สามารถเกิดแนวคิดในการออกแบบ สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประยุกต์ในการทำงานกับเทคโนโลยี 5G ได้ดีขึ้น เนื่องจากสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการของเครือข่ายแกนกลางสำหรับเทคโนโลยี 5G จะมีฟังก์ชันอนุญาตให้ประยุกต์เปลี่ยนแปลงการทำงานได้หลากหลาย เช่น ในฟังก์ชันของแอปพลิเคชันจะอนุญาตให้บุคคลที่มั่นใจว่ามีความมั่นคงปลอดภัยในการใช้งานฟังก์ชันสามารถ

ประยุกต์การใช้งานต่าง ๆ ได้ เช่น การเพิ่มการนำทางในร่มที่แม่นยำในอาคารที่มีความซับซ้อน เช่น สนามบิน สถานีรถไฟ โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้า งานแสดงสินค้า สำนักงาน พื้นที่อุตสาหกรรม เป็นต้น อีกทั้งจากมุมมองของผู้เขียนมองว่าหลายภาคส่วนเริ่มรู้จักและใช้งาน 5G มากขึ้น แต่เทคโนโลยี 5G ยังมีเรื่องที่น่าสนใจให้ศึกษาอีกมาก บทความนี้เป็นจุดเริ่มต้นที่จะเป็นพื้นฐานในการศึกษาเทคโนโลยี 5G เชิงลึกและกว้างยิ่งขึ้นไปได้อีก อย่างไรก็ตาม จากการที่ประชาชนไทยเป็นผู้ใช้เทคโนโลยีมากกว่าผู้พัฒนาหรือสร้างเทคโนโลยี การเข้าถึงเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อให้ประเทศไทยมีนักวิจัย นักออกแบบ นักพัฒนาสิ่งประดิษฐ์นวัตกรรมที่มีความสามารถในการแข่งขันทางดิจิทัลสูงขึ้น การปรับปรุงประสิทธิภาพและการนำเทคโนโลยี 5G ไปใช้ประโยชน์มากขึ้นนั้นยังต้องอาศัยความร่วมมือจากหลายภาคส่วน ทั้งในส่วนระหว่างภาครัฐ เอกชน ภาคการศึกษา และประชาชนที่ต้องทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องในการส่งเสริมและสนับสนุนทุนวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันกับนานาชาติได้อย่างแท้จริง

6. บทสรุป

5G ถือเป็นเทคโนโลยีสื่อสารโทรคมนาคมที่สามารถรองรับความต้องการการใช้งานที่เพิ่มขึ้นและหลากหลายเป็นอย่างมาก มีองค์ประกอบและกระบวนการทำงานจำนวนมากเพื่อตอบสนองความต้องการใหม่ ๆ ซึ่งในบทความนี้ได้นำเสนอการทำงานขององค์ประกอบต่าง ๆ ของสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการของเครือข่ายแกนกลางสำหรับเทคโนโลยี 5G ซึ่งจะช่วยให้ผู้อ่านมีความเข้าใจองค์ประกอบในสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการที่ทำหน้าที่รับผิดชอบต่าง ๆ สำหรับเครือข่าย 5G ในมุมกว้างและเชิงลึกมากขึ้น นอกเหนือไปจากแนวทางการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี 5G ที่ปรากฏอยู่ในหลาย ๆ บทความ โดยการศึกษาสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการของเครือข่ายแกนกลางสำหรับเทคโนโลยี 5G จะช่วยให้ผู้อ่านเกิดองค์ความรู้ที่จะสามารถประยุกต์และออกแบบสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมดิจิทัลได้ในอนาคตต่อไป

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต

จากการใช้งานเทคโนโลยี 5G ที่เริ่มแพร่หลายมากขึ้น มีการใช้งานจากภาคส่วนต่าง ๆ สามารถนำไปต่อยอดงานวิจัยต่าง ๆ เช่น การศึกษาคุณภาพการให้บริการ การประยุกต์ใช้งาน 5G สำหรับการผ่าตัดหรือรักษาระยะไกลของแพทย์ การควบคุมรถยนต์แบบเรียลไทม์ การทำงานร่วมกับอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง การใช้เทคโนโลยี 5G สำหรับเทคโนโลยีโลกเสมือนความจริงอย่าง Virtual Reality (VR) และ Augmented Reality (AR) การเกษตรร่วมกับการใช้โดรนและปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งการใช้เทคโนโลยี 5G จะเพิ่มประสิทธิภาพ

การใช้งานให้กับผู้ใช้ใกล้เคียงกับเวลาจริง ทำให้ทำงานได้ทันกับสถานการณ์ที่ต้องการการตอบสนองแบบทันทีทันใด อย่างไรก็ตาม การใช้งานเหล่านี้ควรคำนึงถึงความมั่นคงปลอดภัยของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อด้วย ด้วยเหตุนี้การศึกษาสถาปัตยกรรมแบบอิงบริการของเครือข่ายแกนกลางสำหรับเทคโนโลยี 5G จึงเป็นสิ่งจำเป็น

7.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับกิจการสื่อสาร

ในสถานการณ์ที่มีการแพร่ระบาดของโควิด-19 ประชาชนจำเป็นต้องใช้อินเทอร์เน็ตมากขึ้นในการทำงาน เพราะไม่สามารถรวมกลุ่มหรือปฏิบัติงานในสถานที่ได้ เครือข่าย 5G สามารถให้การเชื่อมต่อที่มีความเร็วสูง ตอบสนองต่อการทำงาน และการศึกษาในพื้นที่ห่างไกลได้ แต่ปัจจุบันมีราคาที่ยังค่อนข้างสูงสำหรับประชาชนส่วนใหญ่ ในเชิงกิจการสื่อสาร หน่วยงานกำกับดูแลอาจพิจารณาหาแนวทางส่งเสริมให้มีการใช้ 5G แพร่หลายมากขึ้นในประเทศไทย โดยการส่งเสริมให้มีแพ็คเกจราคาประหยัดสำหรับการเรียนออนไลน์ ของนักเรียน นักศึกษา และช่วยเหลือประชาชนให้เข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ และใช้เทคโนโลยี 5G ในการทำงานเพื่อก้าวไปสู่สังคมดิจิทัลอย่างแท้จริง นอกจากนี้ ควรพิจารณากำหนดมาตรฐานการรักษาความมั่นคงปลอดภัยของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ให้บริการ 5G เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้บริการในการเชื่อมต่อกับเครือข่าย 5G

รายการเอกสารอ้างอิง

- กอบชัย บุญทอง. (2562). *กรอบแนวคิดด้านความมั่นคงปลอดภัยบนเครือข่าย 5G*, [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิตที่ไม่มีการตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- เทอดพงษ์ แดงสี และพิสิฐ พรพงศ์เตชวานิช. (2562). 5G: เทคโนโลยีการสื่อสารแห่งทศวรรษหน้า. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 15(2), 162-180.
- ศิริวิชญ์ กิตติวิชญกุล, ณัฐธนรงค์ นิลจันทร์, จตุพร ดวงทอง, อนุสรณ์ วงศ์ษา และกฤติยาภรณ์ เหมือตขุนทด. (2563). *เทคโนโลยีการสื่อสารยุค 5G*. มิตรพัฒนาการพิมพ์ (1992).
- สมาคมโทรคมนาคมแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2561). *รายงานบทวิเคราะห์เชิงวิชาการ ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะ ประเด็น “5G & Disruptive Technology supporting Thailand 4.0 : Challenges and Opportunities”*. http://www.tct.or.th/images/document/25620705/ExSum_Report_5G_Thai_final_v20_final_submit.pdf
- สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ. (2561ก). *5G: คลื่นและเทคโนโลยี*. <http://www.nbtc.go.th/getattachment/Services/quarter2560/เอกสารแนบ.pdf.aspx>
- สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ. (2561ข). *เทคโนโลยี 5G: แนวทางการอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่ 5G ของต่างประเทศและความท้าทายของประเทศไทย*. <http://www.nbtc.go.th/getattachment/Services/quarter2560/ปี-2561/35337/เอกสารแนบ.pdf.aspx>
- 3GPP. (2021a). *5G; 5G System; Network Exposure Function Northbound APIs; Stage 3 (3GPP TS 29.522 version 16.6.0 Release 16)*. ETSI. https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/129500_129599/129522/16.06.00_60/ts_129522v160600p.pdf
- 3GPP. (2021b). *5G; 5G System; Network function repository services; Stage 3 (3GPP TS 29.510 version 16.8.0 Release 16)*. ETSI. https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/129500_129599/129510/16.08.00_60/ts_129510v160800p.pdf
- 3GPP. (2021c). *5G; System architecture for the 5G System (5GS) (3GPP TS 23.501 version 16.8.0 Release 16)*. ETSI. https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123500_123599/123501/16.08.00_60/ts_123501v160800p.pdf
- 5G-PPP. (2018). *5G-PPP Software Network Working Group From Webscale to Telco, the Cloud Native Journey*. <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2018/07/5GPPP-Software-Network-WG-White-Paper-23052018-V5.pdf>
- Dryjanski, M. (2017). *5G Core Network – a Short Overview*. Grandmetric. <https://www.grandmetric.com/2017/06/05/5g-core-network-a-short-overview/>
- ElSawy, H., Dahrouj, H., Al-Naffouri, Y. T., & Alouini, M. (2015). Virtualized Cognitive Network Architecture for 5G Cellular Networks. *IEEE Communications Magazine*, 53(7), 78-84.

- Ford, N., & Richards, M. (2015, July). *Service-Based Architectures: Structure, Engineering Practices, and Migration*. O'Reilly Media.
- Friman, J., Ek, M., Chen, P., Manocha, J., & Soares, J. (2019). *Service exposure: A CRITICAL CAPABILITY IN A 5G WORLD*. Ericsson. <https://www.ericsson.com/49dde5/assets/local/reports-papers/ericsson-technology-review/docs/2019/service-exposure-in-5g.pdf>
- Rahnema, M., & Dryjanski, M. (2017). *From LTE to LTE-Advanced Pro and 5G*. Grandmetric. <https://www.grandmetric.com/knowledge-base/research/from-lte-to-lte-advanced-pro-and-5g-book/>
- Rommer, S., Hedman, P., Olsson, M., Frid, L., Sultana, S., & Mulliga, C. (2019). *5G Core Networks: Powering Digitalization 1st Edition*. Academic Press.
- Samsung. (2019). *Technical Report 5G Core Vision, Vol.1*. <https://images.samsung.com/is/content/samsung/p5/global/business/networks/insights/white-paper/5g-core-vision/5G-Core-Vision-Samsung-5G-Core-Vol.1.pdf>
- Shepherd, P. (2018). *Discover 5G Core Network Functions compared to 4G LTE*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/discover-5g-core-network-functions-compared-4g-lte-paul-shepherd>

