A Survey of Handover Performance in Hierarchical Mobile IPv6

ศรัณย์ สิทธิพรหม
นักศึกษาปริญญาโทสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ
ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002
l2uncs@gmail.com

บทคัดย่อ -- Hierarchical Mobile IPv6 ได้ถูกนำเสนอขึ้นมาโดย Internet Engineering Task Force (IETF) เพื่อแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ใน Mobile IPv6 (MIPv6) โดยนำ Mobile IPv6 มาขยายประสิทธิภาพด้านต่างๆ เช่นความล่าช้าการในแฮนด์โอเวอร์และค่าการส่งสัญญาณ ในบทความนี้เบื้องต้นเราได้นำเสนอความสำคัญและพื้นฐานของการแฮนด์โอเวอร์บน HMIPv6 และทำการนำเค้าโครงเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพในการแฮนด์โอเวอร์บน Hierarchical Mobile IPv6 ที่ได้รับการเสนอและตีพิมพ์มาทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้คือ Fast Handover , Seamless Handover , Security และ QoS ทั้งนี้ยังได้สรุปการทำงานอย่างย่อของแต่ละเทคนิค และในแต่ละกลุ่มได้ทำการเปรียบเทียบตามคุณลักษณะเด่นต่าง ๆ กันไป

คำสำคัญ *: HMIPv6, handover , F-HMIPv6 , Fast Handover ,Seamless Handover , Security , QoS*

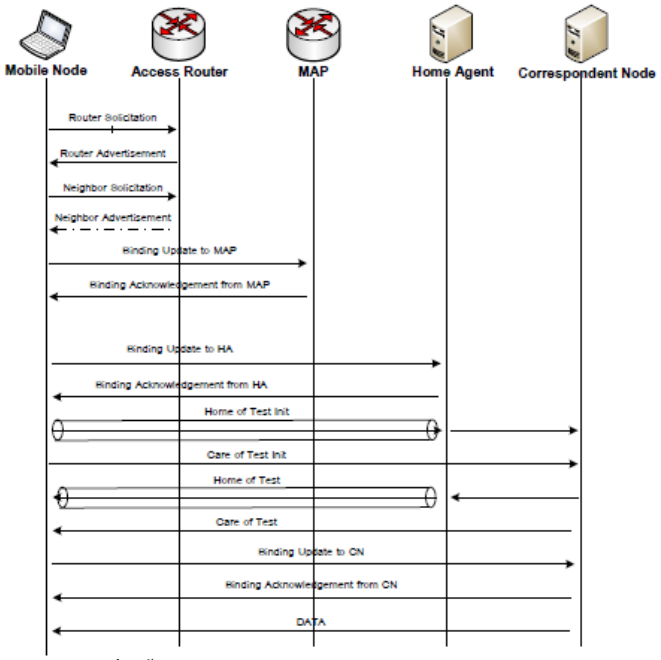
1. บทนำ

เครือข่าย Next Generation Network (NGN) เป็นเทคโนโลยีโครงข่ายสื่อสารที่มีการรับส่งข้อมูลในลักษณะแพ็คเกตสวิตช์ ที่อยู่ในรูปแบบของไอพี (IP) เป็นหลัก โดย NGN เป็นเทคโนโลยีที่จะช่วยผสานการทำงานต่างๆ ไว้ในเครือข่ายเดียวกัน แม้จะใช้โปรโตคอลต่างชนิดก็ยังสามารถสื่อสารกันได้ ซึ่งถือว่าแตกต่างจากอดีตที่การให้บริการเครือข่ายจะอยู่ในรูปแบบของการแยกออกจากกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ เทคโนโลยี NGN ยังสนับสนุนการให้บริการที่หลากหลายผ่านเครือข่ายเดียวกันอีกด้วย

โปรโตคอลไอพีรุ่นที่ 6 (IPv6) จึงถูกนำมาใช้งานในเครือข่าย NGN ซึ่งช่วยให้โปรแกรมประยุกต์ต่างๆ ที่ให้บริการสามารถติดต่อสื่อสารกันได้รวมทั้งยังเป็นหนทางแก้ปัญหาในเรื่องของหมายเลขไอพีรุ่นที่ 4 ที่กำลังจะหมดไป แต่อย่างไรก็ตามด้วยตัวโปรโตคอลไอพีรุ่นที่ 6 ยังไม่สามารถทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีการเคลื่อนที่ได้ ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหานี้องค์กร IETF (Internet Engineering Task Force) จึงได้ออกแบบโปรโตคอลที่เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานด้านการเคลื่อนที่ให้กับโปรโตคอลไอพีรุ่นที่ 6 เรียกว่าโปรโตคอลโมบายไอพีรุ่นที่ 6 (Mobile IPv6)

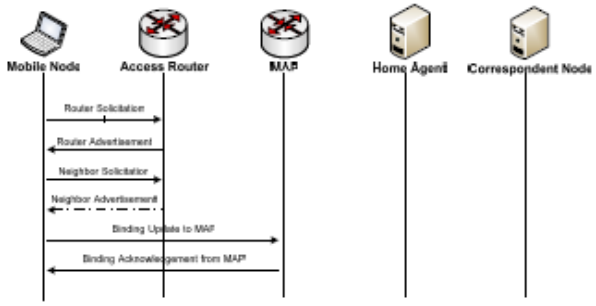
Mobile IPv6 จึงถูกออกแบบมาเพื่อเพิ่มความสามารถด้านการเคลื่อนที่ให้กับโปรโตคอล IPv6 ทำให้อุปกรณ์สื่อสารที่สนับสนุนการทำงานสามารถเคลื่อนที่ข้ามเครือข่ายขณะที่เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตโดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนหมายเลขไอพี อีกทั้งการเชื่อมต่อของชั้นสื่อสารยังคงสถานะเดิม

หลังจากนั้นไม่นาน Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) ได้ถูกกำหนดออกมา เป็นโปรโตคอลที่ถูกนำเสนอโดย IETF ให้เป็นส่วนขยายของ Mobile IPv6 เพื่อที่จะแก้ปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดีขึ้น โดยมีเป้าหมายเพื่อลดเวลาในการส่งสัญญาณและความล่าช้าเกี่ยวกับการเชื่อมต่อของโมบายโหนด (Mobile Node : MN) เพื่อจัดการกับการใช้ทรัพยากรที่ไม่มีประสิทธิภาพในกรณีของการเคลื่อนที่ภายใน Local Network โปรโตคอล HMIPv6 จะทำการแยกการเคลื่อนที่แบบ Local และ Global ออกจากกันโดยเพิ่ม Mobility Agent เข้ามาใหม่เรียกว่า Mobile Anchor Point (MAP) ซึ่งจะช่วยลดความล่าช้าจากการแฮนด์โอเวอร์ เนื่องจาก MN จะทำ Binding Update กับ MAP ได้เร็วกว่าการทำ Binding Update กับโฮมเอเจนท์ที่อยู่ห่างไกล

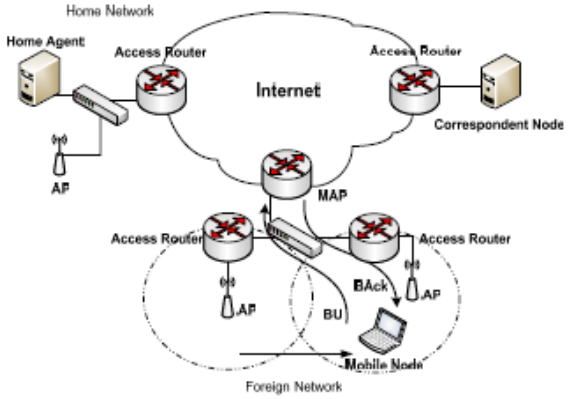


รูปที่ 1 ขั้นตอน Inter-Handover ของ HMIPv6[1]

การทำงานของ HMIPv6 ได้แสดงดังในภาพที่ 1 เมื่อ MN เคลื่อนที่เข้าไปสู่ Domain ของ MAP มันจะได้รับ Router Advertisement ที่มีข้อมูลของ MAP และมันจะทำการจับคู่ที่อยู่ปัจจุบัน [on-link CoA (LCoA)] กับที่อยู่ของ MAP [regional CoA (RcoA)] การทำงานจะเหมือนกับโฮมเอเจนท์โดย MAP จะรับแพ็คเกตทั้งหมดเสมือนเป็นตัวแทนของ MN จากนั้นจะทำการผนึกและส่งต่อไปยังที่อยู่ปัจจุบันของ MN ถ้า MN เคลื่อนที่ภายใน Domain ของ MAP มันจะทำการลงทะเบียนด้วยที่อยู่ใหม่กับ MAP เท่านั้น ดังที่แสดงในรูป 2 และ 3 ตามลำดับ หากในกรณีที่ MN ต้องเคลื่อนที่ออกไปภายนอกพื้นที่โดเมนของ MAP มันจะต้องทำการลงทะเบียนกับ HA และ CN ด้วย[1]



รูปที่ 2 ขั้นตอน Intra – Handover ของ HMIPv6[1]



รูปที่ 3 การส่งข้อความ BUของ HMIPv6 แบบ Intra – Handover[1]

ตารางที่ 1 คำศัพท์และอักษรย่อ

อักษรย่อ	คำเต็ม
HMIPv6	Hierarchical Mobile Internet Protocol Version 6
F-HMIPv6	Fast handover for Hierarchical Mobile Internet Protocol Version 6
MAP	Mobility Anchor Point
HA	Home Agent
CN	Correspondent Node
MN	Mobile Node
AR	Access Router
AP	Access Point
BU	Binding Update
Back	Binding Acknowledgement
RS	Router Solicitation
RA	Router Advertisement
DAD	Duplicate Address Detection
CoA	Care Of Address
LcoA	On-link Care Of Address
RcoA	Regional Care Of Address

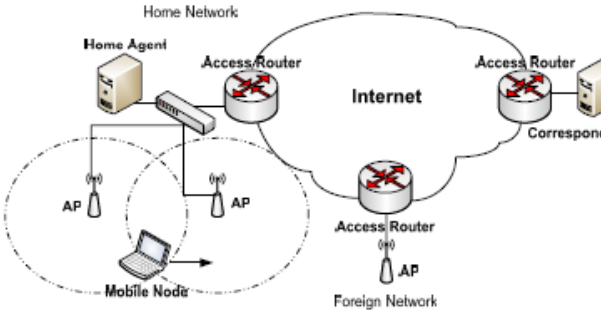
2. การแฮนด์โอเวอร์

การทำงานของ Mobile IPv6 จะประสบความสำเร็จได้ต้องอาศัยกระบวนการที่เรียกว่า แฮนด์โอเวอร์(Handover หรือ Handoff) ที่ช่วยให้ MN สามารถเปลี่ยนการเชื่อมต่อเครือข่ายในขณะที่กำลังติดต่อสื่อสารอยู่กับเคอเรสปอนเดนท์โหนดและโปรโตคอลที่อยู่เหนือขึ้นไปกว่าชั้นการสื่อสารที่ 3 (Network Layer) ยังคงทำงานอยู่และไม่ต้องเริ่มการเชื่อมต่อใหม่อีกครั้ง

การแฮนด์โอเวอร์สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท อย่างแรกคือ Horizontal Handover ถ้าเทคโนโลยีระหว่างพื้นที่ที่ใช้เทคโนโลยีการเชื่อมต่อที่เหมือนกันเช่น การเปลี่ยนแอคเซสพอยท์ (Access Point) เป็นต้น ส่วน Vertical Handover ถ้าทำการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ในการเข้าถึงที่มีเทคโนโลยีแตกต่างกันเช่น การเปลี่ยนเครือข่ายสามจี (3G) มาใช้ไวเลสแลน (WLAN) ซึ่งจะเป็นปกติในเครือข่ายอนาคต นอกจากนี้การแฮนด์โอเวอร์ (Handover) ยังสามารถพิจารณาถึงชั้นการสื่อสารที่ 2 (Link Layer) ถ้าระหว่างการเชื่อมต่อครอบครองโดย Subnet เดียวกันหรือชั้นการสื่อสารที่ 3 (Network Layer) ถ้าทำระหว่าง Subnet ที่ต่างกันและต้องตั้งค่าหมายเลขไอพีรุ่นที่ 6 ที่ต่างจากเดิม

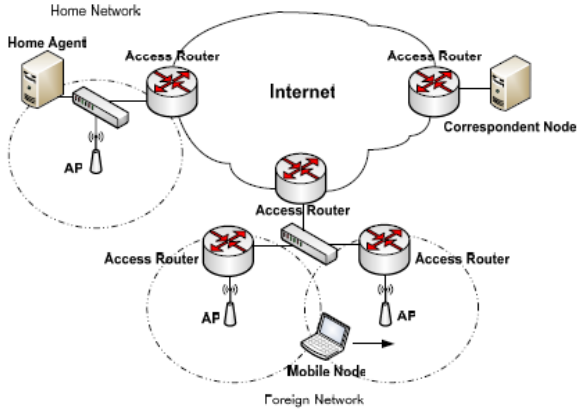
2.1 Layer 2 Handover เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นชั้นการสื่อสารที่ 2 ของ OSI Reference Model กระบวนการแฮนด์โอเวอร์แบบนี้ MN ไม่มีความจำเป็นต้องเปลี่ยนหมายเลขไอพี ยกตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแอคเซสพอยท์ที่อยู่ภายใต้แอคเซสเราเตอร์ (Access Router) ตัวเดียวกัน ในการเชื่อมต่อแอคเซสพอยท์ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนคือ Scanning,Authentication และ Reassociation ซึ่งระยะเวลาส่วนใหญ่จะสูญเสียไปกับการ Scan หาช่องสัญญาณ

2.2 Layer 3 Handover เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในชั้นการสื่อสารที่ 2 และชั้นการสื่อสารที่ 3 ของ OSI Reference Model ซึ่ง MN ทำการเปลี่ยนจุดเชื่อมต่อสู่อินเตอร์เนตและหมายเลขไอพี ดังนั้น MN ต้องทำการตรวจสอบหมายเลขไอพีที่จะนำมาใช้ด้วย



รูปที่ 4 การเคลื่อนที่ภายใน Extended Service Set เดียวกัน[1]

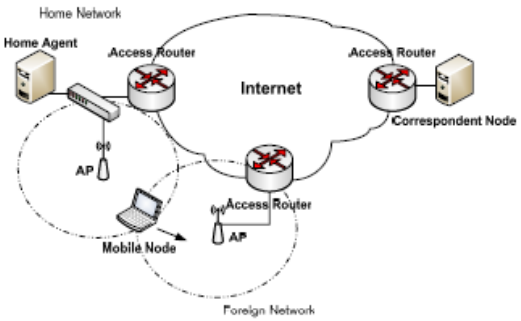
ว่าถูกใช้ไปแล้วหรือไม่เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการติดต่อสื่อสารทำให้การทำงานล่าช้ากว่ากระบวนการ Horizontal Handover



รูปที่ 5 การเคลื่อนที่ระหว่าง Access Router ภายในโดเมนเดียวกัน[1]

จากรูปที่ 5 การเคลื่อนที่ของ MN จากแอคเซสเราเตอร์ตัวเก่าไปยังแอคเซสเราเตอร์ตัวใหม่มีผลกระทบทั้งชั้นการสื่อสารที่ 2 และชั้นการสื่อสารที่ 3 แต่ความล่าช้าที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ยังคงต่ำอยู่เนื่องจากกระบวนการนี้เกิดขึ้นภายในโดเมน (Domain) เดียวกัน ไม่ได้เกี่ยวข้องกับเครือข่ายอินเตอร์เนตที่อยู่ภายนอกโดเมน

ในรูปที่ 6 MN เคลื่อนที่ไปยังแอคเซสพอยท์ที่อยู่ต่างโดเมน แม้ว่าระยะห่างในการเคลื่อนที่ไปยังแอคเซสพอยท์ที่อยู่ต่างโดเมนจะไม่ไกลกันมาก แต่อาจจะได้ผลสรุปว่า MN เคลื่อนที่ในระยะทางที่ไกล เนื่องจากจะต้องส่งสัญญาณออกไปสู่เครือข่ายอินเตอร์เนต รวมทั้งนโยบายด้านความปลอดภัยที่ต่างกัน จึงทำให้เกิดความล่าช้าที่สูงกว่าการแฮนด์โอเวอร์ข้างต้นที่ได้อธิบายไป เพราะผู้ให้บริการมักจะปิดกั้นทราฟฟิกจาก MN จนกว่ากระบวนการพิสูจน์ตัวตน (Authentication) จะแล้วเสร็จจึงทำให้ความสำเร็จของการแฮนด์โอเวอร์ในสถานการณ์นี้ขึ้นอยู่กับความสำเร็จของการพิสูจน์ตัวตนบนเครือข่ายใหม่



รูปที่ 6 MN เคลื่อนที่ระหว่าง Access Router ต่างโดเมน[1]

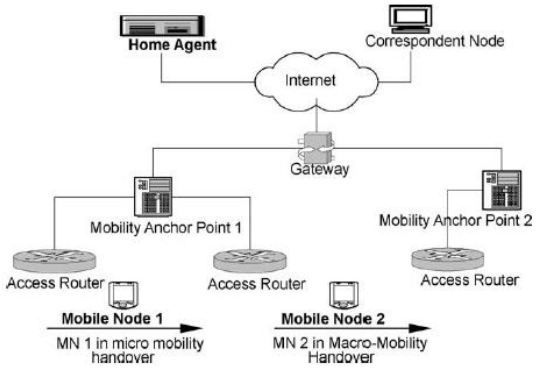
นอกจากนี้ยังมีกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ชนิดอื่นๆ อย่างเช่น Hard Handover เป็นวิธีที่จะทำการตัดการเชื่อมต่อจากเครือข่ายเดิมก่อนที่จะเริ่มการเชื่อมต่อกับเครือข่ายใหม่ วิธีการนี้จะไม่สนใจเรื่องการสูญเสียแพ็คเกตในขณะเกิดกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ การกู้ข้อมูลกลับคืนมาเป็นหน้าที่ของโปรโตคอลที่อยู่เหนือกว่าชั้นสื่อสารที่ 3 เช่น โปรโตคอลทีซีพี (TCP) และอีกแบบคือ Soft Handover ที่การเชื่อมต่อของ MN จะเชื่อมต่อเข้าสู่เครือข่ายตลอดเวลาอย่างน้อยหนึ่งการเชื่อมต่อ ทำให้มีส่วนของการเชื่อมต่อที่ทับซ้อนกัน โมบายไอพีรุ่นที่ 6 ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยในการเคลื่อนที่แบบ Macro-Mobility แต่ก็ไม่ยากนักที่จะพัฒนาและเพิ่มความสามารถให้สนับสนุน Micro-Mobility [1]

3. Mobility management ใน HMIPv6

โปรโตคอล Mobile IPv6 ประกอบด้วย home agent (HA) ที่คอยบริการ mobile node (MN) เมื่ออยู่ภายในเครือข่ายบ้าน และ access router (AR) ได้สส่งคำเชิญเพื่อบอกที่อยู่ตลอดเวลาที่ MN เคลื่อนที่เข้ามาในเครือข่าย เมื่อ MN ต้องการจะข้ามเครือข่ายไปยังเครือข่ายนอก MN จะได้รับ care of address (CoA) ใหม่โดย AR จากการส่งข้อความ Router Advertisement ก่อน จากนั้น MN จะลงทะเบียนกับ CoA ใหม่ ไปยัง HA และ CN ดังต่อไปนี้

1. MN ส่งข้อความ binding update (BU) ไปยัง HA และ CN ผ่าน access router (AR)ใหม่
2. AR ใหม่ เริ่มทำหน้าที่เป็นพร็อกซี่เพื่อที่จะสามารถดำเนินการตรวจสอบที่อยู่ที่ซ้ำกัน (DAD) หากตรวจสอบ DAD สำเร็จ AR ใหม่ ต้องส่ง Back ไป MN ยืนยันการตรวจสอบที่อยู่
3. หลังจาก MN ได้รับ Back มันจะส่ง BU ไปยัง CN และ HA

ปัญหาเกิดขึ้นเมื่อ HA หรือ CN ตั้งอยู่พื้นที่ที่ห่างไกลจาก MN ระยะเวลาในการส่งข้อความแลกเปลี่ยนสำหรับ MN เพื่อส่ง BU ไปยัง HA / CN จะเกิดความล่าช้าที่สูงมากหรือการบริการหยุดชะงัก



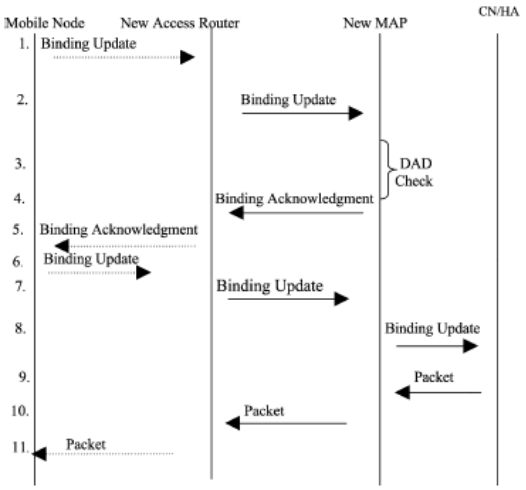
รูปที่ 7 รูปแบบ Micro / Macro Mobility [5]

ใน HMIPv6 ได้ปรับปรุงการจัดการแฮนด์โอเวอร์ Mobile IPv6 ที่ขั้นพื้นฐานโดยการนำ MAP แยกการจัดการของกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ในการเคลื่อนที่แบบ Macro-Mobility และ Micro-Mobility การปรับปรุง HMIPv6 บน Mobile IPv6 จะเห็นได้ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน Micro-Mobility ที่ครอบคลุมพื้นที่ที่มีขนาดเล็กและเกิดแฮนด์โอเวอร์บ่อย โดย HMIPv6 ช่วยลดการส่งสัญญาณผ่านอินเตอร์เฟสวิทยุและสนับสนุนการแฮนด์โอเวอร์มีประสิทธิภาพมากขึ้น

การแฮนด์โอเวอร์ใน Macro-Mobility เกิดขึ้นเมื่อ MN เคลื่อนที่ไปทั่วโลกจาก MAP หนึ่งไป MAP อื่น ๆ ที่อยู่ห่างไกล ในขณะที่การแฮนด์โอเวอร์แบบ Micro-mobility เกิดขึ้นเมื่อ MN เคลื่อนย้ายระหว่าง access routerภายในโดเมนของ MAP หนึ่งๆ ใน HMIPv6 MN ได้รับสองที่อยู่ด้วยกันคือ regional care of address (RCoA) และ on-link care of address (LCoA) โดยทั้งสองที่อยู่นี้มีประโยชน์อย่างมากสำหรับ การจัดการ Macro-Mobility และ Micro-mobility (รูปที่ 7)

3.1) Macro-mobility

ใน HMIPv6 ได้มีการอธิบายโดยการสร้างแบบจำลองรูปแบบการกำหนดเส้นทางสำหรับการแลกเปลี่ยนทุก ๆ ข้อความระหว่าง MN และ CN ความล่าช้าเกือบทั้งหมดจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่จำเป็นสำหรับแต่ละขั้นตอนในการดำเนินการลงทะเบียน ซึ่งในทางกลับกันก็ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการส่งระหว่างโหนด การแลกเปลี่ยนข้อความสำหรับการดำเนินการนี้จะแสดงในรูปที่ ... เราสมมติสถานการณ์ว่า ในขณะนี้ MN อยู่ได้รับแพ็กเก็ตจาก CN และเริ่มต้นที่จะย้ายไปโดเมนของ MAP ใหม่ หลังจากที่ MN ที่ได้รับการเชิญชวนของเราเตอร์ จะได้ที่อยู่ใหม่ที่สองอย่างคือ RCoA และ LCoA



รูปที่ 8 กระบวนการส่งข้อความของ HMIPv6 ใน Macro-mobility[5]

จากรูปที่ 8 กระบวนการส่งข้อความและแพ็ตเก็ต ใน Macro-mobility สามารถอธิบายเป็นขั้นตามได้ดังนั้น

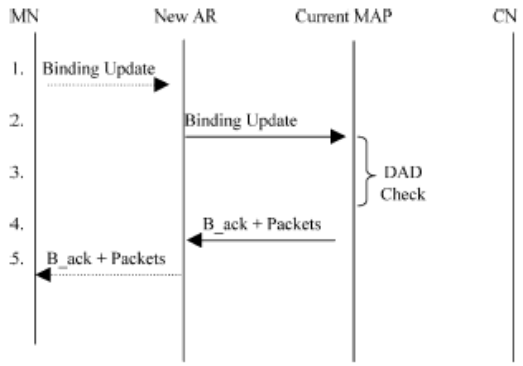
1. MN ส่ง binding update (BU) ไปยังmobility anchor point (MAP) ผ่าน access router (AR) MNจำเป็นต้องกำหนดค่า care of addressesทั้งสอง คือ RCoA และ LCoA
2. AR ได้รับ BU และส่งไปยัง MAP
3. MAP ได้รับ BU จะดำเนินการตรวจสอบการซ้ำกันของที่อยู่ (duplicate address detection : DAD) ระหว่างนี้ MN จะต้องรอการตรวจสอบเสียก่อน
4. MAP ส่ง binding acknowledgement (B_ack) ไปยัง AR โดย B_ack ถูกใช้เพื่อระบุว่าการรับ BU ของ MN สำเร็จ และมีที่อยู่ไม่ซ้ำกัน
5. AR ส่ง B_ack ต่อไปยัง MN
6. ต่อมา MN ส่ง BU ไปยัง CN ผ่าน AR และ MAP โดย BU นี้จะใช้เพื่อแจ้งให้ CN หรือ HA ทราบเพื่อเปลี่ยนที่อยู่ปลายทางของมันสำหรับแพ็กเก็ตที่เป็นของ MN
7. AR ได้รับ BU และส่งต่อไปยัง MAP
8. เมื่อ MAP ได้รับ แล้วจึงส่งต่อไปยัง CN
9. CN ได้รับ BU และเปลี่ยนที่อยู่ปลายทางจาก RCoAเก่าเป็น RCoA ใหม่ และส่งแพ็คเก็ตไปยัง MN ผ่าน MAP โดยอาศัย RCoA ใหม่ของ MN
10. MAP ได้รับที่อยู่แพ็คเก็ต เป็น RCoA ของ MN โดยแพ็กเก็ตจะถูก encapsulate และส่งผ่านอุโมงค์(tunnel) ไป จาก MAP ไปยัง MN ผ่านทาง AR โดยอาศัย LCoA ของ MN
11. AR ส่งแพ็คเก็ตไปยัง MN
12. หลังจากที่ MN ได้รับ packet จาก CN ก็จะถอดแพ็คเก็ตที่ถูก encapsulate ออกมา(de-capsulate) และ

จากนั้นจึงดำเนินการต่อในลักษณะปกติ (หมายถึงกระบวนการลงทะเบียนเสร็จสิ้นแล้ว)

3.2) Micro-mobility

เกิดขึ้นเมื่อ MN เคลื่อนย้ายระหว่าง access router ภายในโดเมนของ MAP หนึ่งๆ ในกรณีนี้ MN เคลื่อนที่ระหว่าง AR ภายในโดเมน MAP เดียวกัน MN จะเปลี่ยนได้เพียง LCoA ของมันเองเท่านั้น แต่ไม่เปลี่ยนแปลง RCoA ได้ และไม่มีการส่ง BU ถึง CN / HA

ในกรณีนี้ MN เคลื่อนที่ระหว่าง AR ภายในโดเมน MAP เดียวกัน MN จะเปลี่ยนได้เพียง LCoA ของมันเองเท่านั้น แต่ไม่เปลี่ยนแปลง RCoA ได้ และไม่มีการส่ง BU ถึง CN / HA เพื่อแจ้งให้ทราบเกี่ยวกับที่อยู่ใหม่ของมัน(ดูรูปที่ 9) กระบวนการลงทะเบียนจะดำเนินการดังได้ต่อไปนี้



รูปที่ 9 กระบวนการส่งข้อความของ HMIPv6 ใน Micro-mobility[5]

1. MN ส่ง BU ไปยัง MAP โดยผ่าน AR
2. AR ส่ง BU ไปยัง MAP
3. MAP ดำเนินการตรวจสอบการซ้ำกันของที่อยู่ (DAD)
4. เมื่อ DAD เสร็จสิ้น MAP จะส่ง B_ack ไปยัง MN ผ่าน AR หากมีแพ็คเก็ตใด ๆ ที่ส่งไปยัง RCoA ของ MN MAP จะทำการ encapsulate และ tunnel แพ็กเก็ตและส่งไปยัง MN ผ่าน AR ใหม่ โดยอาศัย LCoA ใหม่ของMN
5. AR ส่งแพ็คเก็ตไปยัง MN โดย MN จะถอดแพ็คเก็ตที่ถูก encapsulate อยู่ออกมา จากนั้นกระบวนการของแพ็กเก็ตก็ดำเนินการต่อในลักษณะปกติ

เมื่อ MN เคลื่อนที่ภายในโดเมน MAP MN จะไม่มีการส่ง BU ไปยัง CN หรือ HA ตั้งแต่ CN/HA ส่งแพ็คเก็ต โดยอาศัย RCoAของMN ต่อมา MAP ได้ส่งแพ็คเก็ต ไปยัง MN ตามที่อธิบายก่อนหน้านี้ ซึ่งแตกต่างจาก Mobile IPv6 พื้นฐานที่ MN ทำการค้นหาเครือข่ายในบริเวณพื้นที่ขนาดเล็ก(Micro-mobility) ยังคงต้องการที่จะส่ง BU ไปยัง CN/HA ที่อาจอยู่ห่างไกลออกไป

4. รูปแบบการแฮนด์โอเวอร์

กระบวนการแฮนด์โอเวอร์เป็นสิ่งสำคัญของประสิทธิภาพในการให้บริการการเชื่อมต่อขณะที่กำลัง MN เคลื่อนที่ย้ายข้ามเครือข่าย สิ่งที่เป็นตัวกำหนดเพื่อใช้ชี้วัดประสิทธิภาพการแฮนด์โอเวอร์มีสองส่วนหลัก ๆ คือ ค่าความล่าช้าในการแฮนด์โอเวอร์ (Handover Latency) เป็นช่วงระยะเวลาที่เสียไปจากอุปกรณ์สื่อสารทำการตัดการเชื่อมต่อสถานีฐานเพื่อทำการเชื่อมต่อกับสถานีฐานอีกตัวหนึ่ง และอีกส่วนคือการสูญเสียแพ็ตเก็ต(Packet loss) เกิดจากการเปลี่ยนสถานีฐาน เห็นได้ว่าขณะทำการเปลี่ยนจากสถานีฐานจะมีการสูญเสียข้อมูลไปจำนวนหนึ่งซึ่งขึ้นอยู่กับความล่าช้าในการแฮนด์โอเวอร์ หากใช้เวลามากก็จะเสียข้อมูลไปมากเช่นกันซึ่งไม่เป็นผลดีต่อการสื่อสารข้อมูลที่มีความอ่อนไหวต่อการสูญเสียข้อมูล รวมทั้งการสื่อสารข้อมูลที่ต้องการส่งข้อมูลให้ไปถึงปลายทางด้วยความรวดเร็วที่สุด

ในบทความนี้เราได้ทำการแบ่งรูปแบบการแฮนด์โอเวอร์ออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ

1. Fast Handover
2. Seamless Handover
3. Security
4. QoS

และทำการเปรียบเทียบเทคนิคต่าง ๆ โดยแบ่งกลุ่มตามคุณลักษณะเฉพาะของแต่ละเทคนิคของเค้าโครงที่ผ่านการตีพิมพ์มาแล้ว นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบความแตกต่างด้านต่าง ๆ ภายในกลุ่มนั้นเอง เพื่อแสดงให้เห็นว่าแต่ละเทคนิคมีข้อดี ข้อเสีย หรือสนับสนุนการทำงานด้านใดบ้าง

4.1 Fast Handover

การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ (Optimizing Handover) เป็นวิธีทั่วไปที่นิยมนำมาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของ HMIPv6 มากสุด โดยเน้นการทำให้ความล่าช้าในการแฮนด์โอเวอร์มีค่าน้อยที่สุด และทำให้การสูญเสียแพ็ตเก็ตน้อยลงกว่ากระบวนการแฮนด์โอเวอร์ใน HMIPv6 แบบเดิมที่กำหนดโดย IETF ตาม RFC 5380 โดยนำกระบวนการส่งข้อความและการแฮนด์โอเวอร์ใน HMIPv6 มาทำการปรับปรุงข้อความหรือโหนดบางโหนด (โดยเฉพาะ MAP) และแก้ไขรูปแบบการส่งข้อความระหว่างโหนดต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของตัวชี้วัดทั้งสองประการดังที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยกระบวนการในรูปแบบ HMIPv6 เดิมเราได้กล่าวไปแล้วในบทนำนั้น ซึ่งนอกเหนือจากนี้ยังการการแฮนด์โอเวอร์อย่างรวดเร็ว หรือ Fast Handover ของ HMIPv6 ได้ถูกพัฒนามาจาก FMIPv6 (Fast Mobile IPv6) โดยรวมเข้ากับ HMIPv6 เกิดเป็น F-HMIPv6 (Fast handover for

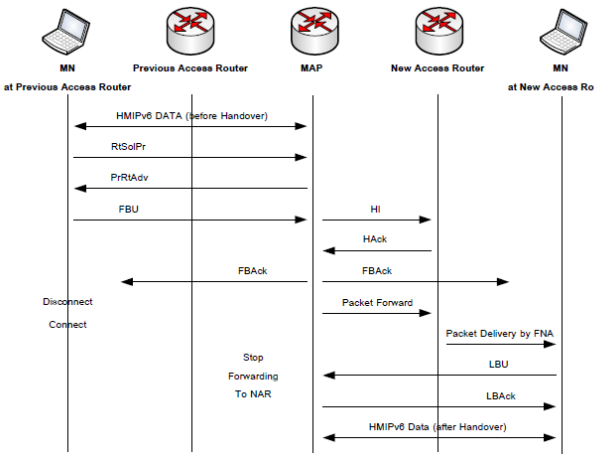
Hierarchical Mobile IPv6) ซึ่งเน้นการแฮนด์โอเวอร์ที่มีค่าความล่าช้าน้อยที่สุดโดย F-HMIPv6 มีการะบวนการดังนี้

เมื่อ MN ตัดสินใจย้ายเครือข่ายบนพื้นฐานการคาดการณ์ของ Layer 2 Handover ตัว MN จะส่งข้อความ Router Solicitation for Proxy Advertisement (RtSolPr) ไปยัง MAP ซึ่งบรรจุข้อมูล Layer 2 Address ของ NAR ที่ต้องการเข้าไปร่วมเครือข่ายด้วย ในการตอบกลับ MAP จะส่งข้อความ Proxy Router Advertisement (PrRtAdv) กลับมาให้ MN ภายในประกอบไปด้วยข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการเข้าร่วมเครือข่ายกับ NAR เช่น Network Prefix สำหรับการตั้งค่าที่อยู่แบบไม่มีขั้นตอนหรือ NLCoA สำหรับการตั้งค่าที่อยู่แบบมีขั้นตอน

เมื่อ MN คำนวณหมายเลขไอพีที่คาดว่าจะใช้ในเครือข่ายของ NAR ได้แล้วมันจะทำการส่งข้อความ FBU ไปยัง MAP รวมทั้งหมายเลขไอพีรุ่นที่ 6 ที่ต้องการใช้จะรวมอยู่ในนั้นด้วย เมื่อ MAP ได้รับข้อความ FBU แล้วมันจะส่งข้อความ Handover Initiate (HI) ไปให้ NAR เพื่อสร้าง Tunnel ระหว่าง MAP กับ NAR ในการตอบกลับข้อความ HI ตัว NAR จะส่งข้อความ Handover ACK (HACK) และ Tunnel ได้ถูกสร้างขึ้นเรียบร้อยแล้วเพื่อเป็นการยืนยันว่า MN สามารถใช้หมายเลขไอพีที่ต้องการได้ MAP จะส่งข้อความ Fast Binding ACK (FBACK) ให้ทั้ง PLCoA และ NLCoA จากนั้น MAP จะเริ่มทำการส่งต่อ Packet ที่มีจุดหมายปลายทางเป็น MN ไปที่ NAR โดยผ่านการทำ Tunnel

หลังจากที่ MN ตรวจพบว่าได้เคลื่อนที่เข้าไปในเครือข่ายของ NAR แล้วจะทำการส่งข้อความ FNA ไปยัง NAR หลังจากนั้น NAR จะส่ง Packet ให้แก่ MN

MN ส่งข้อความ Local Binding Update ตามกระบวนการ HMIPv6 ให้แก่MAP หลังจากได้รับข้อความดังกล่าวแล้ว MAP จะส่งข้อความ Local Binding ACK (LBACK) ตอบกลับมายัง MN และหยุดส่งต่อแพ็คเกตไปให้ NAR รวมทั้งยกเลิกการทำ Tunnel ระหว่าง MAP กับ NAR จากนั้นแพ็คเกตจะถูกส่งต่อไปยัง MN โดยตรงตามขั้นตอนทั่วไปของโปรโตคอล HMIPv6 ตามรูปที่ 10

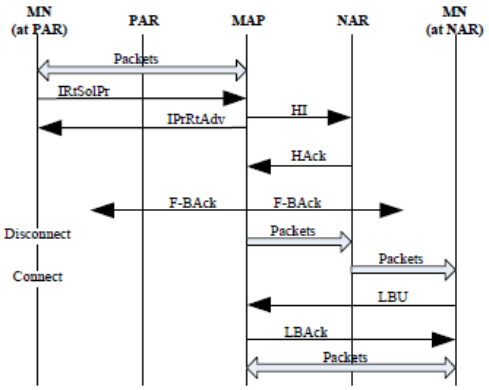


รูปที่ 10 แผนผังขั้นตอนของ F-HMIPv6 [1]

จากขั้นตอนดังกล่าวได้มีเค้าโครงที่ได้มีการนำเสนอมากมายเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการแฮนด์โอเวอร์ให้เร็วขึ้น เราจึงได้มีการนำเทคนิคเหล่านั้นมาทำการเปรียบเทียบ เพื่อแสดงคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ตามเทคนิคต่อไปนี้

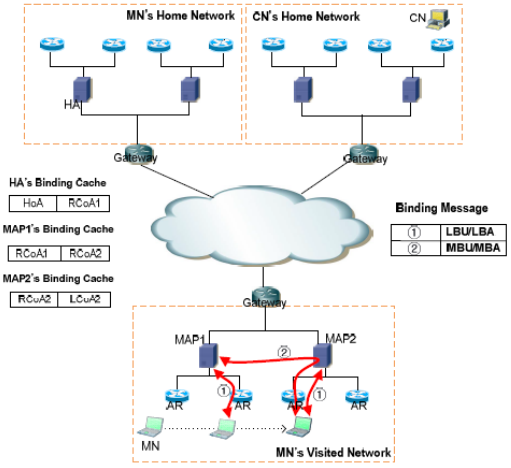
4.1.1 Improved Fast Handover scheme (IF-HMIPv6) [2]

ใน F-HMIPv6 MN ต้องรอข้อความ PrRtAdv จาก MAPเพื่อกำหนด LCoAใหม่ และMAPยังต้องรอข้อความ F-BU จาก MN ที่จะเริ่มต้นการ Fast Handover ใน IF-HMIPv6แทนที่จะเป็นMN, MAP สามารถกำหนด LCoA ใหม่ และMAPสามารถเริ่มต้นการ Fast Handover ทันทีที่ได้รับ RtSolPr ด้วยค่าสถานะหรือส่วนขยายของข้อความ RtSolPr และ PrRtAdv ที่ช่วยให้การปรับปรุงส่วนสำคัญเพื่อลดความล่าช้าในการแฮนด์โอเวอร์ นอกจากนี้ความน่าจะเป็นที่ M Nจะสูญเสียการเชื่อมต่อไปยังลิงค์ก่อนหน้านี้ในระหว่างขั้นตอนการ Fast Handover จะลดลง โดยได้แสดงรูปแบบกระบวนการตามรูปที่ 11



รูปที่ 11 Improved Fast Handover scheme [2]

4.1.2 Fast Macro-Handover Scheme [3]



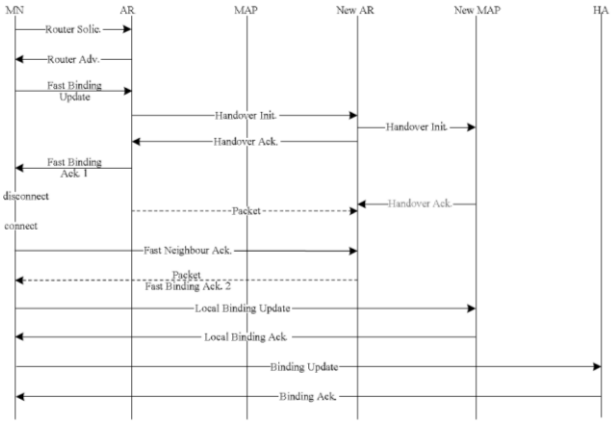
รูปที่ 12 Fast Macro-Handover Scheme [3]

ขั้นตอนการ Macro-Handover ภายในโดเมน MAP ซึ่งMNจะเคลื่อนที่ผ่าน MNจะไม่ส่งข้อความที่ส่งสัญญาณใด ๆ ไปหา HA หรือ CN หลังจาก MN ทำการแมคโครแฮนด์โอเวอร์เสร็จสมบูรณ์ในระหว่าง MAP โดยเมื่อ MN เข้าสู่ AR ที่ตั้งอยู่ขอบ MAP แรกจะได้รับ Router Advertisements ที่มีข้อมูลคำนำหน้าเครือข่ายของMAP บน MAP แรก และ MAPที่ 2 ตามลำดับ MNตรวจสอบความเคลื่อนไหวและยังตรวจสอบด้วยว่ามันจะย้ายที่อยู่ในโดเมนMAPที่แตกต่างกัน ในเวลาเดียวกันซึ่งคล้ายกับ FMIPv6, MNจะส่งข้อความไป FBU ที่มีข้อมูลคำนำหน้าเครือข่าย MAP2 ไปยัง MAP1 และแจ้งเคลื่อนที่ของ MAP ระหว่างโดเมนที่ต่างเพื่อ MAP1 หลังจากที่ได้รับ FBU ที่ MAP1 จะดำเนินการค้นหา MAP และแลกเปลี่ยนข้อความ HI / HACK เพื่อสร้างอุโมงค์ระหว่าง MAP1 และMAP2จากนั้น MAP1 จะเก็บ RCoA2ในรายการพร็อกซี binding cache และส่งต่อแพ็กเก็ตทั้งหมดที่ส่งผ่าน RCoA1 ไปยัง MAP2 ผ่านอุโมงค์ MAP2 จะได้รับแพ็กเก็ตทั้งหมดในนามของMNและบัฟเฟอร์ของแพ็กเก็ตจนจบแฮนด์โอเวอร์ L2 ของMN หลังจากนั้น MNที่ MAP2 จะ encapsulateและส่งต่อแพ็กเก็ตทั้งหมดโดยตรงไปยังที่อยู่ปัจจุบันของMN(LCoA2) ดังนั้นเมื่อเดินทางมาถึงในเครือข่ายที่เข้ามา, MNจะได้รับแพ็กเก็ตทั้งหมดที่ถ่ายโอนในระหว่างการแมคโครแฮนด์โอเวอร์ระหว่างMAPที่ต่างกัน ขั้นตอนการแมคโครแฮนด์โอเวอร์ภายในโดเมนMAPที่เข้ามา ซึ่งMNจะเคลื่อนที่ไป ดังนั้นMNจะไม่ส่งข้อความที่ส่งสัญญาณใด ๆ ไปหา HA หรือ CN หลังจากMNแมคโครแฮนด์โอเวอร์เสร็จสมบูรณ์ในระหว่างMAP

4.1.3 Fast inter – MAP [4]

ในแต่ละARที่อยู่ในโดเมน MAP จะประกาศข้อความ RA ออกมาเป็นระยะ ๆ และข้อความ RA ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับโดเมน MAP ที่อยู่ติดกัน (เช่นที่อยู่ MAP, ของโดเมน MAP) และข้อมูลของ AR เพื่อนบ้าน (เช่น ที่อยู่ ARใหม่ , prefix ของ AR) โดย MN สามารถจดจำการเปลี่ยนของโดเมน MAP เมื่อได้รับข้อความ RA ด้วยข้อมูลใหม่ ซึ่ง MN จะสร้าง RCoA ใหม่โดยขึ้นอยู่กับ prefix ของโดเมน MAP ใหม่ และ LCoA ใหม่ ขึ้นอยู่กับ prefix ของARใหม่ จากนั้นMNจะส่งข้อความ fast binding update (FBU) ไปยัง AR ปัจจุบัน และ AR จะส่งข้อความ handover initiate (HI) เพื่อร้องขอARใหม่โดย MN เพื่อสร้างอุโมงค์ระหว่าง AR เหล่านั้นและเพื่อให้ได้ความเชื่อมั่นว่า LCoA ใหม่ของMNจะไม่ซ้ำบนลิงค์ AR ใหม่ เมื่อได้รับข้อความHI จากAR, AR ใหม่ยังส่งข้อความHIไปยังMAPของมันเพื่อที่จะขอตรวจสอบ RCoA ของ MN ว่าไม่ซ้ำกัน MAPจะส่งข้อความ handover acknowledgement (HAck)กลับ ไปยัง ARใหม่ของMN อย่างไรก็ตามใหม่ARไม่จำเป็นต้องรอข้อความ HAck จาก MAP ของมัน หาก RCoA ไม่ซ้ำกันก็จะส่งMAPใหม่ neighbor advertisement acknowledgement (NAACK) เพื่อยืนยันไปยัง AR ใหม่

หลังจากการตรวจสอบ LCoA, AR ใหม่สามารถส่ง handover acknowledgement (HAck) ไปยังARปัจจุบันที่MNอยู่ ให้ทราบอุโมงค์และการตรวจสอบที่อยู่เสร็จสมบูรณ์ หาก LCoA ไม่ซ้ำกัน ARใหม่สามารถส่ง ข้อความ NAACK ไปยัง MN สำหรับARที่ได้รับข้อความHAck แล้วจากนั้นจะส่ง fast binding acknowledgement 1 (FBack handover เริ่มต้น) จากนั้นแฮนด์โอเวอร์เลเยอร์ 2ของMNเริ่มทำงาน ในระหว่างขั้นตอนการส่งมอบแพ็คเก็ตที่ส่งไปยัง LCoA เก่า ของMNจะถูกขัดขวาง โดย ARก่อนหน้านี้ แล้วส่งต่อให้ ARใหม่ หลังจากที่แฮนด์โอเวอร์เลเยอร์ 2 แล้วเสร็จ, MNจะต้องแจ้งการคงอยู่ของมันไปที่ลิงค์ใหม่ โดยการส่งข้อความ fast neighbor acknowledgement (FNA) ในการรับข้อความ FNA, AR ใหม่จะบัฟเฟอร์แพ็กเก็ตส่งต่อไป MN โดยแพ็กเก็ตประกอบด้วย FBack 2/NAACK เพื่อแจ้งการตรวจสอบ / ทำสำเนาของ RCoA ไปMN. ในขณะเมื่อMNรับแพ็กเก็ตจาก AR ใหม่ที่ลิงค์ใหม่ ขั้นตอนที่เหลือเป็นเช่นเดียวกับการแฮนด์โอเวอร์บน Inter-MAPจาก HMIPv6เดิม. ค่าความล่าช้าแฮนด์โอเวอร์รวมของรูปแบบที่เสนอประกอบด้วยเวลาสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อความ RS / RA, เวลาสำหรับการเริ่มต้นใช้แฮนด์โอเวอร์ใช้ข้อความ FBU/FBAck, HI/Hack และเวลาสำหรับการดำเนินการแฮนด์โอเวอร์เลเยอร์ 2 และการส่งข้อความ FNA. รูปที่ 13 แสดงให้เห็นถึงการไหลของข้อความในรูปแบบที่นำเสนอ



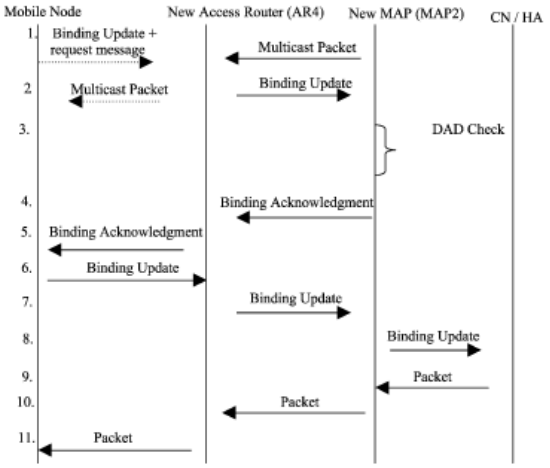
. รูปที่ 13 Fast inter - MAP message Flow [4]

4.1.4 Macro/micro-mobility fast handover in hierarchical mobile IPv6 [5]

การจัดการการเคลื่อนที่แบบ Macro/ Micro ที่ดำเนินการ Fast Handover ใน HMIPv6 โดยการนำกลไกการ multicast ไปยัง MAP วิธีการนี้ยังออกแบบมาเพื่อลดเวลาการหยุดชะงักบริการที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินการลงทะเบียน ในการนี้เมื่อ MN ย้าย

ไปที่ขอบ ARของโดเมน MAP, MNจะส่งข้อความควบคุมไปยัง MAPที่ร้องขอที่จะสร้างกลุ่ม multicast สำหรับMN หลังจากที่ MAPที่ได้รับข้อความตัวควบคุม MAPจะสร้างกลุ่ม multicast สำหรับMN และจากนั้นส่งต่อข้อความไป AR ในกลุ่ม multicast ดังนั้นเมื่อ MAP ตัดแพ็กเก็ตที่ปลายทางไปยัง MN, MAP จะส่งแพ็กเก็ตไปยัง AR ทั้งหมดในกลุ่ม multicast ดังนั้น MNสามารถสื่อสารกับ CNในระหว่างขั้นตอนการลงทะเบียน อย่างไรก็ตามMNจะต้องเป็นสมาชิกของกลุ่ม multicast เพื่อลงทะเบียนในสถานที่ตั้งของตัวเองเวลาที่มันจะย้ายทุกครั้ง โดย MAP จะส่งแพ็กเก็ตที่ซ้ำกันไปยัง AR ทั้งหมดในกลุ่ม multicast ได้เป็นอย่างดี

รูปแบบของ Macro - mobility ที่นำเสนอคือ เมื่อ MN ตรวจสอบสัญญาณของการเชิญชวนจากเราเตอร์ที่มาจาก AR MN จะได้รับที่อยู่ใหม่ เช่น RCoa และ LCoA จากนั้น MN จะต้องลงทะเบียนสำหรับยืนยันตัวต่อ HA และ CN ซึ่งคล้ายกับ HMIPv6



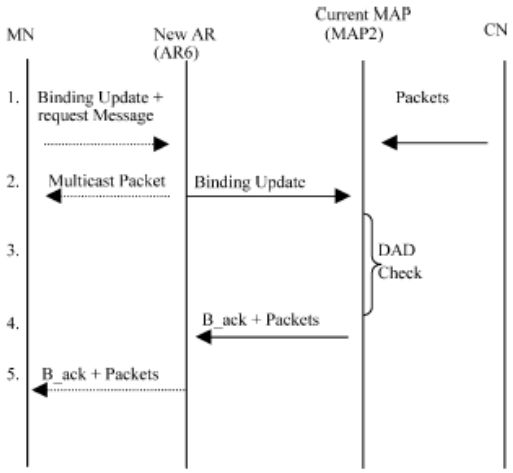
. รูปที่ 14 Multicast scheme for Macro - mobility[5]

ผลที่ตามมากับรูปแบบนี้คือ ARใหม่จะมีสำเนาของแพ็กเก็ตที่กำลังส่ง ขณะที่ MN ยังคงอยู่ใน MAPเก่า เมื่อ MNจะย้ายไปสู่ MAP ใหม่ ที่ AR ใหม่จะเริ่มต้นการส่งต่อแพ็กเก็ตไปยัง MN ในระหว่างการดำเนินการลงทะเบียน

ในกรณีของ Micro -mobility เมื่อ MN เคลื่อนที่ภายในโดเมน MAP MN จะไม่มีการส่ง BU ไปยัง CN หรือ HA ตั้งแต่ CN/HA ส่งแพ็คเก็ต โดยอาศัย RCoAของMN ต่อมา MAP ได้ส่งแพ็คเก็ต ไปยัง MN ตามที่อธิบายก่อนหน้านี้ ซึ่งแตกต่างจาก Mobile IPv6 พื้นฐานที่ MN ทำการค้นหาเครือข่ายในบริเวณพื้นที่ขนาดเล็ก(การเคลื่อนที่ขนาดย่อย) ยังคงต้องการที่จะส่ง BU ไปยัง CN/HA ที่อาจอยู่ห่างไกลออกไป

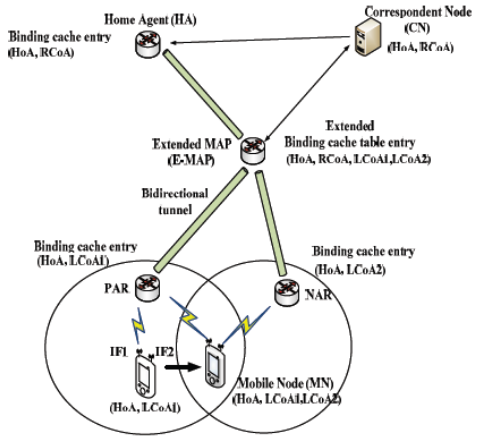
รูปแบบ multicast ที่นำเสนอ MAP ได้สร้างกลุ่ม multicast สำหรับ MN และส่งข้อความร้องขอไปยัง AR เพื่อให้เข้าร่วมกลุ่ม multicast เมื่อแพ็กเก็ตที่กำลังที่ส่งไปยัง MN มาถึง MAP จะ ส่งแพ็คเก็ตเหล่านี้ไปยัง AR หากมีข้อความที่ร้องขอใด ๆ จาก MN โดยแพ็กเก็ตที่ AR ส่งจะอาศัยการระบุอินเตอร์เฟสของ MN

เมื่อ MN ตรวจสอบสัญญาณของการเชิญชวนจากเราเตอร์ที่มาจาก AR MN จะได้รับที่อยู่ใหม่ เช่น LCoA จากนั้น MN จะดำเนินการลงทะเบียนสำหรับยืนยันตัวต่อ HA และ CN เราสามารถอธิบายการดำเนินการลงทะเบียนได้โดยการสร้างรูปแบบจำลองการกำหนดเส้นทางสำหรับการแลกเปลี่ยนทุก ๆ ข้อความ ระหว่าง MN และตัวแทน CN ของมันเอง (HA / CN)



. รูปที่ 16 Multicast scheme for Macro - mobility[5]

4.1.5 Bi-casting Tunnels over Dual Wireless Network Interfaces [6]



รูปที่ 17 Bi-casting Tunnels over Dual Wireless Network Interfaces

ในเทคนิคนี้ได้ใช้อุโมงค์ส่งแบบขนานเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายไร้สายคู่ซึ่งถูกสร้างแบบไดนามิกในระหว่างการดำเนินการแฮนด์โอเวอร์ โดยการทำเช่นนี้ทั้งความล่าช้าในการแฮนด์โอเวอร์และการสูญเสียแพ็คเก็ตจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดแม้สำหรับกรณีที่โหนดเคลื่อนที่ย้ายด้วยความเร็วสูง

การทำงานของ E - HMIPv6 ขั้นแรก MN มีการเชื่อมต่อผ่าน LCoA1 กับแอคเซสเราเตอร์ก่อนหน้านี้ (PAR) ผ่านอินเตอร์เฟซ 1 (IF1) MNจะสร้างอุโมงค์ IP กับจุดสิ้นสุดของ LCoA1 และ RCoA กับ E - MAP เพื่อแลกเปลี่ยนแพ็กเก็ตกับ HA / CN เมื่อ MN ที่จะย้ายออกจาก PAR, และเข้าสู่พื้นที่ที่ทับซ้อนกันระหว่างโดเมนของ PAR และแอคเซสเราเตอร์ใหม่ (NAR), ความแรงของสัญญาณคลื่นวิทยุจากจุดเชื่อมต่อหรือสถานีฐานก่อนหน้าลดลงและจะเริ่มที่จะได้รับ LCoA2 และเชื่อมต่อกับ NAR โดยเปิดใช้งานอินเตอร์เฟซเครือข่ายไร้สาย 2 (IF2) เมื่อ MNประสบความสำเร็จในการเชื่อมต่อกับ NAR จะส่งคำขอไปยัง E - MAP สำหรับการบายน์ดิ่งLCoA2ด้วย RCoA ในกรณีนี้, E - MAP จะบายน์ดิ่งLCoA1และLCoA2 พร้อมกันทั้งสองกับ RCoA

ในการเชื่อมโยงพร้อมกันแพ็กเก็ตจาก HA / CN สามารถส่งผ่านอุโมงค์กระจายแพ็คเก็ตแบบขนาน ในการส่งแพ็คเก็ตแบบขนานแพ็กเก็ตที่สามารถส่งได้ทั้งในโหมดที่ซ้ำกันหรือสลับกัน โดยการขยายMAPและ BU ,แพ็กเก็ตจากMNสามารถถูกส่งไปยัง PAR และ NARทั้งสองพร้อมกัน และได้รับในลักษณะเดียวกันในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง การทำลักษณะนี้สามารถกำจัดความล่าช้าการแฮนด์โอเวอร์และการสูญเสียแพ็คเก็ตอย่างมากและ / หรืออย่างสมบูรณ์จากผลความล่าช้าที่ชั้นลิงค์ ในการ duplicate address detection (DAD) จากการรับ LCoA ใหม่ , และอื่น ๆ เช่น ปิงปองเอฟเฟค เมื่อMNจะย้ายไปต่อในโดเมนของ NAR การเชื่อมต่อกับPARจะถูกตัดโดยอัตโนมัติโดยกิจกรรมในชั้น 2 จะตั้งข้อสังเกตว่าระหว่างการดำเนินการแฮนด์โอเวอร์จะมีการหยุดชะงักบริการตั้งแต่MNมีการเชื่อมต่อกับแอคเซสเราเตอร์อย่างน้อยหนึ่งตัวเสมอระหว่างการดำเนินการแฮนด์โอเวอร์ ใน MN มีแพ็กเก็ตจากสองอุโมงค์พร้อมกันสามารถถูกนำไปยังที่ IP ที่อยู่บ้าน (HoA) โดยใช้ตัวเลือกที่อยู่บ้าน IPv6 ในตอนนี้ การแฮนด์โอเวอร์รวดเร็วใน E -HMIPv6 สามารถทำได้โดยการไม่มีการลดประสิทธิภาพในการสูญเสียแพ็คเก็ตและความล่าช้า

4.1.6 การเปรียบเทียบเทคนิคของ Fast handover

จากเค้าโครงที่ได้นำเสนอมาตามข้างต้นทั้ง 5 วิธีแล้ว เราได้ทำการเปรียบเทียบโดยพิจารณาจากภาพรวมและคุณสมบัติเด่นของแต่เทคนิค ซึ่งได้ข้อเปรียบเทียบดังต่อไปนี้ คือ Mobility management หมายถึงการจัดการเคลื่อนย้ายในระดับ Macro/Micro mobility , Original scheme หมายถึง รูปแบบ HMIPv6 เดิมที่นำมาปรับปรุง และด้าน Technique ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบด้านเทคนิคที่ปรับปรุง ซึ่งแบ่งออกได้ดังนี้ Bi-Directional Tunneling หมายถึงการใช้อุโมงแบบสองทิศทาง , Multicast หมายถึง การส่งแพ็ตเก็ตไปในรูปแบบ Multicast packet , Assumption หมายถึงการคาดการณ์การเคลื่อนที่ของ MN ล่วงหน้า , Routing Message หมายถึงการปรับปรุงขั้นตอนการส่งข้อความในกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ และ Enhancement หมายถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพของโหนดต่าง ๆ รวมทั้งข้อความในกระบวนการแฮนด์โอเวอร์

จากตารางที่ 2 เมื่อเราได้เปรียบเทียบโดยแบ่งตามหัวข้อข้างต้น สังเกตได้ว่าส่วนใหญ่ใหญ่มักจะเลือกการจัดการ

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบเค้าโครงที่นำเสนอ ตามเทคนิคต่าง ๆ ในกลุ่มของ Fast Handover

Topic	Mobility management		Technique					Original scheme	
	Macro -mobility	Micro -mobility	Bi-Directional Tunneling	Multicast	Anticipates	Routing Message	Enhanced	HMIPv6	F-HMIPv6
Fast Macro-Handover Scheme[3]	√					√	No		√
Improved Fast Handover scheme (IF-HMIPv6)[2]		√	√		√		IRtSolPr,FBU		√
Fast inter - MAP[4]	√				√		No		√
Macro/micro-mobility fast handover in HMIPv6[5]	√	√		√		√	Multicast Packet	√	
Bi-casting Tunnels over Dual Wireless Network Interfaces[6]		√	√				BU,MAP	√	

เคลื่อนย้ายในรูปแบบแบบใดรูปแบบหนึ่ง ยกเว้น [5] ที่ทำออกมาทั้งสองแบบ จึงเหมาะแก่การนำมาใช้เพื่ออ้างอิง เพราะเป็นวิธีที่น่าสนใจและมีวิธีการที่ไม่ซับซ้อน แต่ในขณะเดียวกัน [5] ยังมีจุดอ่อนจากการส่งแพ็ตเก็ตแบบ Multicast ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรจำนวนมาก และทำให้เกิดการสูญเสียแพ็ตเก็ต รูปแบบนี้จึงไม่เหมาะที่จะนำมาการปัญหา Packet loss ซึ่งหากมองในแง่นี้วิธี [3] และ [6] จะเหมาะสมกว่า เพราะถูกออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหานี้โดยเฉพาะกับ [2] ซึ่งเป็นการลดค่าความล่าช้าในการแฮนโอเวอร์ด้วยแล้ว จะทำให้การสูญเสียแพ็จเก็ตลดน้อยลงตามไปด้วย และ[6] ยังช่วยทำให้ค่า Throughput ลดลงอีกด้วย ส่วน [2] และ [4] จะเน้นไปในด้านการลดค่าความล่าช้าของการแฮนโอเวอร์เพียงอย่างเดียว

4.2 Seamless handover

การแฮนด์โอเวอร์อย่างไร้รอยต่อ หรือ Seamless handover เป็นการย้ายจากจุดเชื่อมต่อเครือข่ายหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยที่การเปลี่ยนแปลงหรือการย้ายนั้นไม่มีผลกระทบกับคุณภาพ (Quality) ,ความปลอดภัย (Security) และความสามารถในการเข้าใช้งานของบริการต่างๆ (Service) ที่ใช้งานอยู่

เราได้นำเค้าโครงที่ผ่านการนำเสนอและตีพิมพ์เรียบร้อยมาสรุปขั้นตอนคร่าว ๆและเปรียบเทียบ เพื่อแสดงคุณสมบัติของ Seamless handover ด้านต่าง ๆ ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

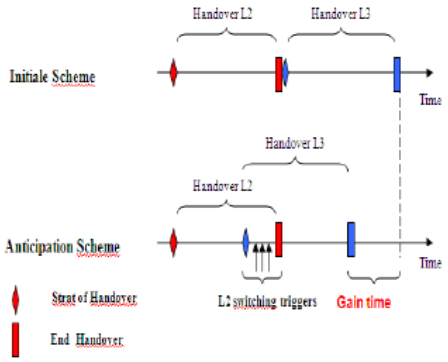
4.2.1 SHMIPV6 : SEAMLESS HIERARCHICAL MOBILE IPV6 [8]

เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่จะให้การสนับสนุนQoSที่มีประสิทธิภาพดีสำหรับการใช้งานมัลติมีเดียใน Fast Handover โดยใช้ HMIPVv6 ซึ่งรับประกันการแฮนด์โอเวอร์มัลติมีเดียได้อย่างราบรื่นตราบเท่าที่ MN ย้ายโดเมนระหว่าง MAP แต่ก็ยังคงไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนการให้บริการเสียงแบบ real time ดังนั้น SHMIPV6 จึงเสนอรูปแบบการบัฟเฟอร์อย่างรวดเร็วเพื่อลดการสูญเสียแพ็ตเก็ต จุดมุ่งหมายของ SHMIPv6 มีดังต่อไปนี้ คือ

1.) ลดค่าการส่งสัญญาณ โดยการใช้ Hierarchical Mobile IPv (HMIPv6) จะลดค่าการส่งสัญญาณและการสนับสนุนแฮนด์ออฟอย่างราบรื่นใน IP – based แบบไร้สายหรือเครือข่ายเคลื่อนที่และการใช้หลาย MAP ซึ่งการใช้ MAPเดียวทำให้แพ็กเก็ตจำนวนมากที่รอการจะรับหรือส่ง เป็นสาเหตุให้มีความล่าช้าที่นาน และสูญเสียแพ็กเก็ตไปเป็นจำนวนมาก โดเมนจะถูกประกอบขึ้นจาก MAP ในโดเมนแต่ละ MAP ที่แนบมากับแอคเซสเราเตอร์ (AR) กลไกการกระจายข้อมูลการจราจรระหว่าง MAP ในโดเมนเพื่อให้การตัดสินใจในการกำหนดMAP ซึ่งMAPในโดเมนจะให้ RCoA เดียวกัน

ใน HMIPv6 ขั้นตอน DAD จะใช้เวลาอย่างน้อย 1000 ms สำหรับการตรวจสอบว่าไม่มีที่อยู่ที่ซ้ำกันในการเชื่อมโยง ขั้นตอนการลงทะเบียนในท้องถิ่นที่เสนอโดย HMIPv6 มีความล่าช้าแฮนด์ออฟต่ำ แต่ก็ยังคงสูงเกินไปสำหรับการใช้งานเรียลไทม์ที่เน้นความหน่วงแฮนด์ออฟเพื่อหลีกเลี่ยงการชะงักบริการ ดังนั้นเพื่อลดความล่าช้าแฮนด์โอเวอร์ทั้งหมด SHMIPv6 ได้เสนอสองกลไกคาดการณ์แฮนด์โอเวอร์และกลไกทำนายการจองที่อยู่

2.) กลไกทำนายการจองที่อยู่ ด้วยที่ว่า HMIPv6 ไม่เพียงช่วยให้ลดความล่าช้าแฮนด์ออฟ แต่ยังรวมค่าการส่งสัญญาณ SHMIPv6 ได้เสนอที่จะดำเนินการจัดสรรที่อยู่และขั้นตอนการลงทะเบียนก่อนที่แฮนด์ออฟชั้นลิงค์(L2) เพื่อลดความล่าช้า HMSIP แฮนด์ออฟ สามารถทำได้โดยการใช้รูปแบบการตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้ข้อมูลชั้นลิงค์ (รูปที่ 2) ความคิดพื้นฐานก็คือการจัดสรรที่อยู่ IP ใหม่ไปให้ MN และอนุญาตให้ลงทะเบียนกับMAP (การลงทะเบียนในท้องถิ่น) โดยใช้การเรียกแฮนด์ออฟชั้นลิงค์ ในความเป็นจริงการได้มาซึ่งที่อยู่วิธีและการลงทะเบียน HMIPv6 จะดำเนินการในแบบคู่ขนาน



รูปที่ 18 กลไกทำนายการจองที่อยู่[8]

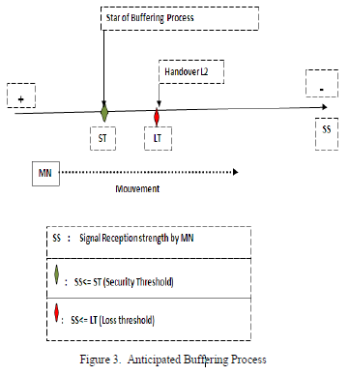


Figure 3. Anticipated Buffering Process

รูปที่ 19 กระบวนการคาดการณ์บัฟเฟอร์[8]

3) กระบวนการคาดการณ์บัฟเฟอร์โดยใช้เกณฑ์การรักษาความปลอดภัย

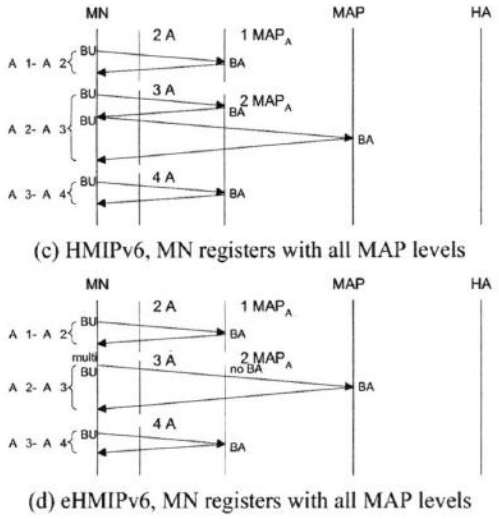
เพื่อลดการสูญเสียแพ็คเก็ตในระหว่างการแฮนด์โอเวอร์

ตารางที่ 3 การเปรียบเทคนิคต่างๆ ที่ได้นำเสนอ โดยเทียบตามการสนับสนุนประสิทธิภาพในด้านต่างๆ

, SHMIPv6 ได้เสนอกระบวนการคาดการณ์บัฟเฟอร์ด้วยเงื่อนไข tunneling กระบวนการนี้ช่วยให้การจัดเก็บชั่วคราวของ Tunnel ก่อนที่จะแฮนด์โอเวอร์แพ็คเก็ตจึงช่วยลดการสูญเสียแพ็คเก็ตที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลาแฮนด์โอเวอร์ชั้นลิงค์ การทำเช่นนี้เรากำหนดตัวชี้วัดทั้งสองต่อไปนี้ : LT (เกณฑ์การหาย) : แพ็คเก็ตอาจจะถือว่าหายไปราวกับว่ามันจะได้รับกับความแรงของสัญญาณ (SS) น้อยกว่า LT(เกณฑ์การหาย) และ ST (เกณฑ์การรักษาความปลอดภัย) : เกณฑ์นี้อาจเป็นประโยชน์ในการประสานกับการเริ่มต้นของแฮนด์โอเวอร์เครือข่ายบัฟเฟอร์ (Handover L3) : เกี่ยวข้องกับความคิดเริ่มต้น คือเริ่มต้นด้วยการกำหนดบัฟเฟอร์ด้วยบรอดคาซท์ handoff Initiate แต่อาจจะมีการสูญเสียแพ็กเก็ตก่อนที่จะส่งข้อความนี้ เรากำหนดเกณฑ์ความปลอดภัยสำหรับการคาดการณ์บัฟเฟอร์ที่ก่อนที่ระดับสัญญาณจะเสื่อม ทันทีที่ได้รับ Mobile Node ความแรงของสัญญาณจะเท่ากับเกณฑ์การรักษาความปลอดภัย มันจะส่งข้อความApplication Control Buffer (RCB) ไปยังแอคเซสเราเตอร์เดิม ข้อความนี้ทำหน้าที่เป็นตัวเริ่มของแพ็กเก็ตที่จัดเก็บในบัฟเฟอร์ ในขณะที่แพ็กเก็ตจะถูกเก็บไว้ แอคเซสเราเตอร์เดิมส่งสำเนาของแพ็กเก็ตเหล่านี้จนกว่าจะมีการตัดเชื่อมต่อจาก MN (ถึงเกณฑ์การสูญเสีย) โปรดสังเกตว่าการบัฟเฟอร์จะทำต่อไปจนกว่าจะเชื่อมต่อกับเราเตอร์ใหม่ที่จะจัดตั้งขึ้นและทำบันทึกกับเราเตอร์ใหม่

4.2.2 Enhanced HMIPv6 (eHMIPv6) [7]

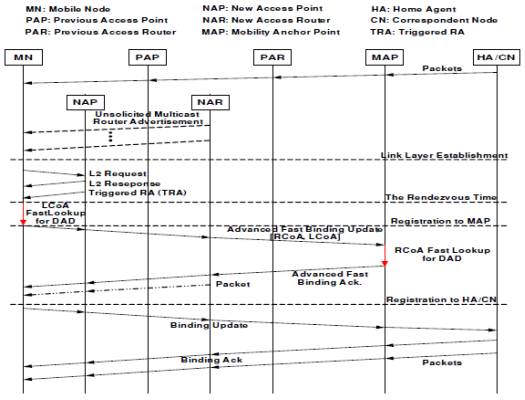
หัวข้อนี้ได้กำหนดสถาปัตยกรรมแบบ multi-hierarchical ของ Mobile Anchor Points (MAP) ในเครือข่ายmicro mobility เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของ โปรโตคอล Hierarchical Mobile IPv6 โดยการปรับใช้สถาปัตยกรรมนี้ multi-hierarchical ของ MAP ค่าความล่าช้าของไอพีแฮนด์โอเวอร์จะลดลงมาก เพื่อให้ประสิทธิภาพการจราจรในระหว่างการแฮนด์โอเวอร์ได้ดีขึ้น โดยได้นำเสนอข้อความ multi-Binding Update ในกระบวนการส่งสัญญาณแพ็คเก็ตแฮนด์โอเวอร์ ซึ่งได้รับการพัฒนาปรับปรุงเพื่อเร่งกระบวนการแฮนด์โอเวอร์โดยใช้กลไกการลงทะเบียนใหม่ โดยMAP ส่งต่อข้อความ multi-Binding Update ไปยังระดับ hierarchical MAP ถัดไป ข้อความตอบรับสำหรับ multi-Binding Update จะถูกส่งไปตาม MAP สุดหรือโฮมเอเจนต์ นอกจากนี้ฟังก์ชั่นการปรับเปลี่ยนสำหรับการประมวลผลแพ็กเก็ตข้อมูลไปยังโหนดปลายทางมือถือถูกนำมาใช้ใน MAP เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในแพ็คเก็ตยังสามารถคงขนาดเล็กได้โดยหลีกเลี่ยงอุโมงค์หลายเส้นทางที่สามารถเกิดจากหลายลำดับชั้นของ MAP ได้โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนการแก้ไขนี้



รูปที่ 20 กระบวนการ eHMIPv6 เมื่อเทียบกับ HMIPv6 [7]

4.2.3 Robust advanced HMIPv6 (AH-MIPv6) scheme [9]

ในหัวข้อนี้ได้แนะนำ Advanced Hierarchical Mobile IPv6 (AH-MIPv6) ซึ่งสามารถลดการตรวจสอบการเคลื่อนที่ และการกำหนดค่าที่อยู่และความล่าช้าในการยืนยัน (DAD) ในเครือข่ายไอพีไร้สาย/โทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยการใช้แคชที่อยู่ใน MAPที่มีสิทธิ์ทำให้ข้อได้เปรียบเช่น การตรวจสอบ DAD ที่เร็วกว่า ซึ่งแก้ข้อบกพร่องของ DAD โดยปกติเมื่อเราเตอร์มีมากกว่าสองลิงค์ การส่งผ่านค่าการตรวจสอบการเคลื่อนที่และ DAD ทำได้รวดเร็ว วิธีนี้สามารถแฮนด์โอเวอร์ได้อย่างราบรื่นด้วยข้อความ AF-BU และผลลัพธ์เชิงตัวเลขยังแสดงให้เห็นว่ารูปแบบนี้มีประสิทธิภาพมากกว่า MIPv6 มาตรฐานและโปรโตคอล HMIPv6 จากผลลัพธ์ที่เป็นตัวเลขจะเห็นว่าประโยชน์ที่สำคัญของรูปแบบนี้สามารถลดที่การกำหนด CoA และความล่าช้าอื่น ๆ ในการยืนยันที่เกี่ยวข้องในรูปแบบ seamless handover และการป้องกันการชนกันของที่อยู่ซึ่งทำให้ไม่มีการสูญเสียแพ็คเก็ต



รูปที่ 21 กระบวนการ AH-HMIPv6 [9]

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบเค้าโครงที่นำเสนอ ตามเทคนิคต่าง ๆ ในกลุ่มของ Seamless handover

Topic	Mobility management		Support				
	Macro - mobility	Micro - mobility	Quality	Security	Service	Smoothly	Reduce
Seamless Multimedia handoff for HMIPv6[8]		√	√	√	√	√	Jitter , Packet loss
Robust advanced HMIPv6 (AH-MIPv6) scheme [9]		√				√	DAD / CoA cost
Enhanced HMIPv6 (eHMIPv6) [7]		√	√			√	CBR/TCP Throughput

4.2.4 การเปรียบเทียบเทคนิคของ Seamless handover

จากเค้าโครงที่ได้นำเสนอมาตามข้างต้นทั้ง 3 วิธีแล้ว เราได้ทำการเปรียบเทียบโดยพิจารณาจากภาพรวมและคุณสมบัติเด่นของแต่เทคนิค ซึ่งได้ข้อเปรียบเทียบดังต่อไปนี้ คือ Mobility management หมายถึงการจัดการเคลื่อนย้ายในระดับ Macro/Micro mobility และด้านการ Support ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบการสนับสนุนในด้านต่าง ๆ ซึ่งแบ่งออกได้ดังนี้ คุณภาพ (Quality) ,ความปลอดภัย (Security) ,ความราบรื่น (Smoothly) และความสามารถในการเข้าใช้งานของบริการต่างๆ (Service) สุดท้ายคือ Reduce หมายถึงการลดค่าใช้จ่ายหรือระยะเวลาที่ข้อความต่าง ๆ ส่งไปในกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ ซึ่งจะทำให้ค่าความล่าช้าการแฮนด์โอเวอร์มีระยะเวลาที่น้อยลง

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า Seamless handover ส่วนใหญ่มักจะทำในการเคลื่อนย้ายแบบ Micro – mobility และทั้งหมดสนับสนุนการทำงานแบบ Smooth handover โดย [8] สามารถสนับสนุนทั้ง Quality of Service และ Securityไปพร้อมๆกัน ส่งผลให้ลดค่า Handover latency และ Packet loss อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาเครื่อง Jitter อีกด้วยในขณะที่รูปแบบอื่นๆ ถึงไม่สนับสนุน QoS แต่ก็ยังสามารถลดค่า Handover และ Throughput ได้

4.3 Security

Hierarchical Mobile IP IPv6 สนับสนุนการใช้งานอินเทอร์เน็ตแบบเคลื่อนที่เช่นเดียวกับ MIPv4 แต่ว่าการใช้งาน Hierarchical Mobile IPv6 นั้นมีประสิทธิภาพมากกว่า Mobile IPv4 ตรงที่สามารถส่งข้อมูลผ่านเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยไม่ต้องพึ่งอุปกรณ์ตัวกลางในการส่งต่อข้อมูล (Route Optimization) และสามารถใช้ IPSec ในการป้องกันการโจรกรรมแพ็กเก็ตกลางทาง

เราเตอร์และอุปกรณ์เครือข่ายทุกตัวในเครือข่าย IPv6 ถูกกำหนดให้รองรับการใช้งาน IPSec นอกจากนี้ยังมีการกำหนด Security Payload สองประเภทคือ Authentication Payload และ Encrypted Security Payload เพื่อสนับสนุนการรับส่งข้อมูลที่มั่นคงปลอดภัย ภายใต้ Network Layer แทนที่จะพึ่ง Application Layer เหมือนในเครือข่าย IPv4 ในส่วนของการรักษาความปลอดภัยนั้น HMIPv6 ได้มีการใช้ระบบรักษา ความปลอดภัยสองชนิด คือ การพิสูจน์ตัวตน (Authentication) และ การเข้ารหัสข้อมูล(Encryption)

4.3.1 Security Mechanisms for Delivering Ubiquitous Services [10]

การปรับปรุงจำนวนมากบน MIPv6 ได้เสนอเพื่อลดอัตราความล่าช้าในการแฮนด์โอเวอร์และสูญเสียแพ็คเก็ตเช่น HMIPv6 , FMIPv6 และ FHMIPv6 ฯลฯ เมื่อเทียบกับโปรโตคอลเหล่านี้ในเบื้องต้นสถาปัตยกรรมของ Enhanced Nodes (EN) มีความได้เปรียบด้านการควบคุมการจราจรเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาคอขวดซึ่งจะแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากขึ้นอยู่กับMAPเดียวสำหรับผู้ใช้ทั้งหมดในโดเมนของ HMIPv6 เมื่อเทียบกับ FMIPv6, ความล่าช้าในการแฮนด์โอเวอร์และอัตราการสูญเสียแพ็คเก็ตยังสามารถลดลงต่อเนื่องจากความสามารถของ ENS นอกจากนี้ EN ให้ MAP เป็นส่วนหนึ่งของลำดับชั้น AAA สำหรับการรักษาความปลอดภัยการส่งสัญญาณซึ่งหมายถึงฟังก์ชันรักษาความปลอดภัยในส่วนกลางของ EN นอกจากนี้ยังมีความเข้ากันได้กับQoS ซึ่งรวมการรักษาความปลอดภัยที่มี QoS ในกรอบทั่วไปเพื่อลดปัญหาข้ามเชิงลบจุดโฟกัสของบทความนี้คือการให้สองโซลูชั่นรักษาความปลอดภัยสำหรับโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้ ENการเข้าถึงรูปแบบการรับรองความถูกต้องควบคุมจุดมุ่งหมายที่จะตรวจสอบและอนุญาตMN เมื่อมันข้ามเครือข่ายในขณะที่การรักษาความปลอดภัยกลไกกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ให้MNที่มีความปลอดภัยทั้งใน micro-mobility และ macro-mobility

4.3.2 Authenticated Fast Handover Scheme [11]

วิธีการนี้เป็นตรวจพิสูจน์ตัวตนที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยสำหรับ initial local binding updateใน HMIPv6 เช่นเดียวกับ fast

handover ใน HMIPv6 รูปแบบนี้อยู่บนพื้นฐานของAAA ในการตรวจสอบข้อความ local binding update นอกจากนี้ยังเปิดตัวรูปแบบการจัดการกลุ่มที่สำคัญในหมู่ MAPและ AR ในโดเมน MAPเพื่อประสิทธิภาพการใช้โปรโตคอล

วิธีนี้ได้วิเคราะห์การรักษาความปลอดภัยและประสิทธิภาพของการใช้รูปแบบการเคลื่อนที่แบบสุ่มและอยู่บนฐานของค่าตัวเลขปัจจุบัน และได้แสดงให้เห็นว่าสามารถการรักษาความปลอดภัยกับการเปลี่ยนเส้นทางและป้องกันการโจมตีดีอย่างมีประสิทธิภาพในส่วนของค่า location update cost

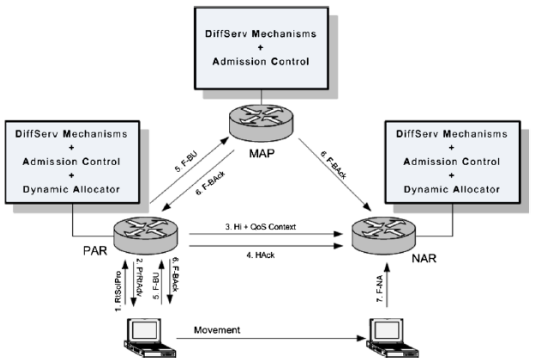
4.4 QoS

คุณภาพการให้บริการหรือ Quality of Service เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยให้การทำงานของ HMIPv6 มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่การใช้งานเครือข่าย IPได้ออกแบบมาเพื่อรองรับการสื่อสารแบบ Best-Effort เท่านั้นไม่ได้มีการรองรับคุณภาพการให้บริการ มาก่อน การควบคุมทราฟฟิกใช้งานผ่านโปรโตคอลที่อยู่ในระดับชั้นสื่อสารที่สูงกว่า เช่นในระดับชั้น Transport เข้ามาช่วยแทน แต่โปรโตคอลเหล่านั้นก็ไม่ได้ช่วยควบคุมความล่าช้าของการรับส่งข้อมูลในเครือข่ายแต่อย่างใดต่อมา IETF ได้ออกแบบโปรโตคอลและสถาปัตยกรรมใหม่ เพื่อเข้ามาช่วยในการสร้างคุณภาพการให้บริการในเครือข่ายไอพีไว้ 2 รูปแบบคือ IntServ และ DiffServ

เป้าหมายหลักของการศึกษาการรับประกันคุณภาพ (QoS) เพื่อให้สามารถสนับสนุนกับสภาพแวดล้อมที่มีการเคลื่อนที่ประกอบไปด้วยสองปัจจัย ประการแรกทำอย่างไรให้โหนดเคลื่อนที่สามารถรับการประกันคุณภาพได้ตลอดทั้งเส้นทาง และประการต่อมาจะนำเทคโนโลยีการรับประกันคุณภาพการให้บริการบนเครือข่ายใช้สายที่มีอยู่ในปัจจุบันเข้าไปใช้ในเครือข่าย HMIPv6ได้

4.4.1 A QoS-enabled resource management scheme [12]

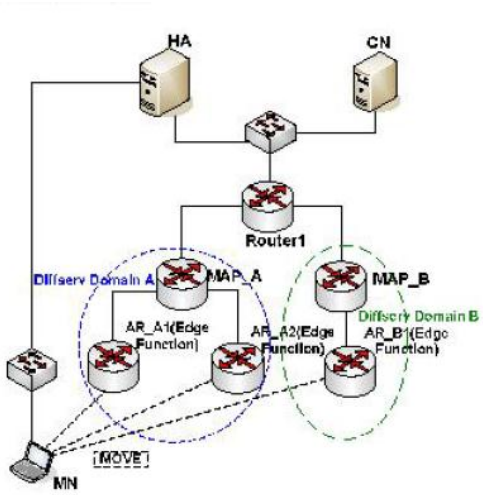
สถาปัตยกรรมนี้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการ micro-mobility ใน FHMIPv6 โดยใช้การสนับสนุน QoS ซึ่งได้รับการออกแบบ ดำเนินการและทดสอบฟังก์ชั่นสำหรับการจัดการทรัพยากรใหม่สำหรับรูปแบบ DiffServ ฟังก์ชั่นการใช้งาน RM (Resource Management) เป็นโซลูชั่นที่ปรับขนาดได้โดยอยู่บนพื้นฐานของอัลกอริทึม MBAC สถาปัตยกรรมนี้ได้สร้างจากแนวคิดที่ชั้นเครือข่ายเพื่อที่จะให้กรอบการทำงานร่วมกันในการเข้าถึงเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน สถาปัตยกรรมนี้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการส่งสัญญาณเพราะใช้ข้อความในวงที่มีความคล่องตัวและข้อมูล QoS และหลีกเลี่ยงความแออัดเกินบนARถัดไป โดยการใช้มาตรการตาม AC และกลไกการจัดสรรเพื่อรองรับการแฮนด์โอเวอร์การตัดสินใจ นอกจากนี้ก็ยังให้การควบคุมการเคลื่อนที่ที่มีความสามารถ Seamless ช่วยจัดสรรความต้องการ QoS ล่วงหน้ากับ ARถัดไป นำไปสู่การลดความล่าช้า สูญเสียแพ็ตเก็ต และจิตเตอร์ทั้งในระหว่างและหลังการแฮนด์โอเวอร์ ฟังก์ชั่นการใช้งาน RM ในเราเตอร์เข้าที่มีความสามารถในการประเมินผลกระทบของกระบวนการ MN ที่เข้ามาก่อนที่จะย้าย MN เราเตอร์จึงป้องกันการเสื่อมสภาพของ คุณภาพการให้บริการทราฟฟิคที่มีอยู่ กระบวนการแฮนด์โอเวอร์จะถูกควบคุมโดยฟังก์ชัน RM ซึ่งตอบสนองตามความต้องการ QoS ที่จะแฮนด์โอเวอร์ด้วยตำแหน่งที่แท้จริงของแบนด์วิดธ์เพื่อรองรับกระแสมากขึ้นในคลาสมีความสำคัญ รูปแบบ RM นี้ขึ้นอยู่กับวิธีการhysteresis ซึ่งให้ความมั่นใจและมีความมั่นคง การปรับตัวเข้ากับเครือข่ายที่นำไปสู่การปรับปรุงการรับรู้ QoS ในแง่ของการส่งผ่านและความล่าช้าจากมุมมองของผู้ใช้



รูปที่ 22 ส่วนประกอบฟังก์ชั่น Resource management และกระบวนการ handover signaling [12]

4.4.2 Diffserv Conditionalized Handover for HMIPv6 [13]

หัวข้อได้นำเสนอกระบวนการในการควบคุมทรัพยากรบน Access Router โดยการขยายการทำงานของ Diffserv ไว้บนสถาปัตยกรรมของHMIPv6 ด้วยวิธีการนี้ได้ขยายความสามารถของ Access Router โดยการเพิ่มความสามารถในการทำงานเป็น Diffserv Edge Router และปรับปรุงความสามารถ Router AdvertisementDaemon (radvd) ให้สามารถประกาศสถานะปัจจุบันของทรัพยากรที่สามารถถูกใช้งานได้ เมื่อใดก็ตามที่มี Access Router มากกว่า 1 ตัวครอบคลุมพื้นที่เดียวกันอยู่ Mobile Node สามารถที่จะเลือก handover ไปยัง Access Router ที่ดีที่สุดที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการได้ โดยพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพวิธีการนี้บน Linux kernel และนอกจากนั้นยังได้เพิ่ม ICMPv6 option สำหรับ Neigbhor Discovery message ขึ้นมาด้วย

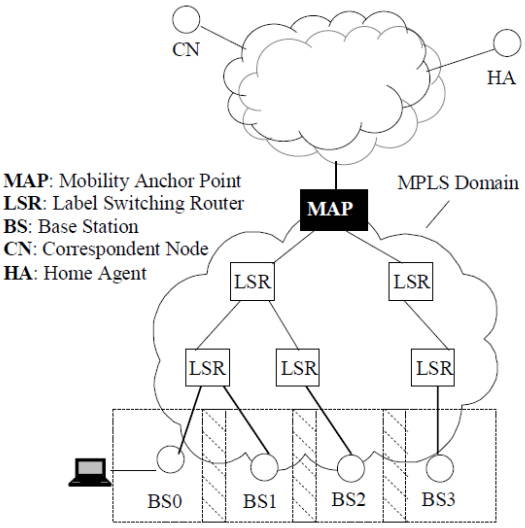


รูปที่ 23 Diffserv Conditionalized Handover[13]

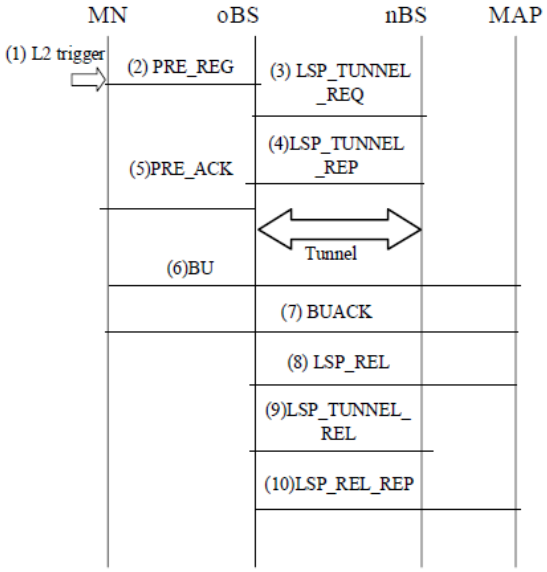
จากผลการทดลองพบว่าเมื่อได้ทำการใช้งานวิธีนี้แล้ว ทำให้ Mobile Node สามารถเลือกNew Access Router ที่ดีที่สุดสำหรับการ handover ดังนั้นประสิทธิภาพของ MIPv6 และHMIPv6 ในเรื่องของการได้มาซึ่งช่องสัญญาณที่สามารถใช้งานได้ จำนวนการสูญหายของข้อมูลที่น้อยลงและใช้เวลาในการส่งข้อมูลลดลง

4.4.3 Handover supporting QoS in MPLS-based [14]

หัวข้อนี้นำเสนอรูปแบบการแฮนด์โอเวอร์ที่สนับสนุน QoS ใน MPLS-based บน เครือข่าย Hierarchical Mobile IPv6 โดยออกแบบมาเพื่อตอบสนองความต้องการแบบ seamless handover รูปแบบที่เสนอจะใช้ข้อดีของ Hierarchical Mobile IPv6 เพื่อจำกัดวงในการลงทะเบียนโดเมนหนึ่งโดนใช้ Multiprotocol Label Switching (MPLS)ภายใต้ชั้น IP เพื่อให้การส่งต่อแพ็กเก็ตอย่างรวดเร็วและใช้แนวคิดในโปรโตคอล Fast Handover ที่ควบคุมการแฮนด์โอเวอร์ Layer 2 กับ Layer 3 เพื่อลดความล่าช้าการแฮนด์โอเวอร์ รูปแบบนี้สามารถให้แฮนด์โอเวอร์ที่รวดเร็วและราบรื่นสนับสนุนการใช้งานแบบ real-time ต่างๆในเครือข่ายโทรศพท์เคลื่อนที่ในอนาคต เพื่อลดการสูญเสียแพ็กเก็ตในระหว่างการแฮนด์โอเวอร์ ยังได้พิจารณาสองวิธีการคือ การตั้งค่าแคชที่ Access Router ใหม่ และการ Bicasting



รูปที่ 24 โครงสร้างของ Handover supporting QoS in MPLS-based[14]



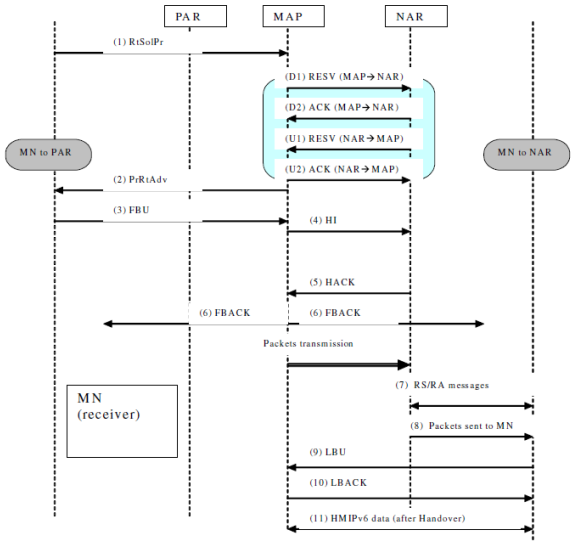
รูปที่ 25 แผนผังการส่งข้อความใน Handover supporting QoS [14]

4.4.4 FH-RSVP scheme for intra-site handover [15]

งานวิจัยนี้นำเสนอส่วนขยาย RSVP ใหม่ที่สามารถให้บริการการรับประกัน QoS ด้านการเคลื่อนที่ในเครือข่ายเคลื่อนที่เพื่อรองรับบริการแบบ real-time FH-RSVP ใช้ RSVP ผู้ส่งที่มุ่งเน้นในโปรโตคอล HMIPv6 และทำให้การจองทรัพยากรที่คาดว่าจะอยู่บนพื้นฐานของหลักการแฮนด์โอเวอร์ได้อย่างรวดเร็วก็ต่อเมื่อแฮนด์โอเวอร์ภายในสามารถเกิดขึ้นได้ในWLAN ซึ่งแตกต่างจากตัวรับเชิง สัญญาณ RSVPv1, RSVP ผู้ส่งที่มุ่งเน้นการช่วยให้จัดตั้งใหม่ที่เร็วขึ้นของเส้นทางของ QoS ซึ่งกำหนดโหมดแบบสองทิศทางของการจองทรัพยากรภายในเครือข่ายการเข้าถึงของ MNที่หลีกเลี่ยงการใช้งานแบบ end-to-end อีกส่วนเกิดจากMNไป

ตารางที่ 5 การเปรียบเทคนิคต่างๆ ที่ได้นำเสนอ โดยเทียบตามการสนับสนุนประสิทธิภาพในด้านต่างๆ

ยัง CN เมื่อทรัพยากรระหว่าง MAP และ NAR สงวน แต่เพียงผู้เดียวในเงื่อนไขแบบสองทิศทาง ให้ทำMAPที่เป็นตัวแทน QoS พร็อกซี่ ทั้งทรัยากรสำรองในการเชื่อมโยงต่อเนื่องในนามของ CN และ NAR และทรัยาสำรองในการเชื่อมโยงในนามของ MN นอกจากนี้ทั้งสองรูปแบบของการ FH-RSVP มีที่อยู่เป็น Basic FH-RSVP และFast FH-RSVP ความแตกต่างหลักระหว่างทั้งสองโหมดคือช่วงเวลาที่แหล่งข้อมูลจะถูกสงวนไว้สำหรับเส้นทาง QoS ใหม่ตามพื้นฐาน FH-RSVP สร้างเส้นทางใหม่ QoS (จากMAP ไปยัง NAR) เกิดขึ้นเมื่อแฮนด์โอเวอร์ Layer 2 สิ้นสุดลงเมื่อได้รับข้อความ router advertisement จาก NAR ใน Fast FH-RSVP เมื่อเปิดการแฮนด์โอเวอร์แล้วมีการตรวจพบและ MAP ได้รับ RtSolPr จากMNทรัพยากรแบบสองทิศทางที่ถูกสงวนระหว่างMAPและ NAR



รูปที่ 26 Fast FH-RSVP for MN-initiated handovers. [15]

4.4.5 การเปรียบเทียบเทคนิคของ QoS

จากเค้าโครงที่ได้นำเสนอมาตามข้างต้นทั้ง 4 วิธีแล้ว เราได้ทำการเปรียบเทียบโดยพิจารณาจากภาพรวมและคุณสมบัติเด่นของแต่เทคนิค ซึ่งได้ข้อเปรียบเทียบดังต่อไปนี้ คือ Mobility management หมายถึงการจัดการเคลื่อนย้ายในระดับ Macro/Micro mobility และด้านการ Support ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบการสนับสนุนในด้านต่าง ๆ ซึ่งแบ่งออกได้ดังนี้ Real-time multimedia หมายถึงการสนับสนุนมัลติมีเดียแบบเรียลไทม์ , Throughput หมายถึงการสนับสนุนการส่งผ่านข้อมูลอย่างมีคุณภาพ , IP Emphasize หมายถึง การสนับสนุนโปรโตคอลไอพีพื้นฐาน และ Using Protocol based หมายถึงการใช้โปรโตคอลเป็นตัวช่วยจัดการด้าน QoS

ในตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าการแฮนด์โอเวอร์ที่สนับสนุน QoS จะทำใน Micro – mobility เป็นอันดับแรกก่อน ซึ่งเป็นพื้นฐานฟไของ mobility management และ QoS ส่วนใหญ่สนับสนุน Real-time multimedia อันเนื่องมาจากการนำ QoS เข้ามาทำให้การแฮนด์โอเวอร์ทำได้โดยราบรื่นไม่ขาดตอน มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะให้บริการมีเดียแบบเรียลไทม์ได้ ซึ่งต่างจากการแฮนด์โอเวอร์ทั่ว ๆ ไปที่ไม่เหมาะกับมีเดียลักษณะนี้ ซึ่งสอดคล้องกับการที่เน้น IP Based ที่เป็น UDP ซึ่งสนับสนุนมัลติมีเดียแบบเรียลไทม์อยู่แล้ว และการใช้โปรโตคอลเพื่อสนับสนุน QoS นั้นมีหลายโปรโตคอล เช่น DiffServ , MPLS , RSVP เป็นต้น

ตารางที่ 4 การเปรียบเทคนิคต่างๆ โดนเทียบตามการปรับปรุงประสิทธิภาพในด้านต่างๆ ของ QoS

Topic	Mobility management		Support			
	Macro - mobility	Micro - mobility	Real-time multimedia	Throughput	IP Emphasize	Using Protocol based
QoS-enabled resource management scheme [12]		√	√	√	n/a	DiffServ
Diffserv Conditionalized Handover [13]	√	√	√		TCP/UDP	DiffServ
Handover supporting QoS in MPLS-based [14]		√			UDP	MPLS
FH-RSVP scheme for intra-site handover [15]		√	√	√	UDP	RSVP

ตารางที่ 5 การเปรียบเทคนิคต่างๆ โดนเทียบตามการปรับปรุงประสิทธิภาพในด้านต่างๆ

Technique	Performance													
	MAP	CoA	DAD	BU	Routing Message	Protocol	QoS	Security	L2	L3	Latency Reduce	Packet loss	Signaling cost	Throughput
Bi-casting Tunnels over Dual Wireless Network Interfaces[6]	√			√								√		√
FH-RSVP scheme for intra-site handover[15]						√	√		√		√	√		√
Seamless Multimedia handoff for HMIPv6[8]							√	√	√	√	√	√	√	
Robust Fast Handover Protocol[9]			√	√		√					√			
A Cross-Layer Partner-Assisted Handoff Scheme[16]					√				√	√	√	√		
Fast Macro Handover Scheme[3]				√	√						√		√	
Crossover MAP based Hierarchical Mobile IPv6 (XMAP-HMIPv6)[23]	√									√	√			
Enhanced Hierarchical Mobile IPv6 [7]				√										√
Fast inter – MAP[4]									√	√	√			
Distribution areas [21]				√								√		
Routing scheme [19]					√						√	√		
Seamless Multimedia Handoff [22]									√	√	√	√	√	
New Analytical tool [12]									√	√	√			
Fast intra-domain handover scheme for MPLS-based [14]									√		√	√		
Cost-Reduced Inter-MAP Binding Update Scheme[17]	√			√						√	√			
Virtual Layer Handoff Scheme Based on MAP[20]	√										√			

5. การเปรียบเทียบด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของ HMIPv6

เราได้นำงานวิจัยที่ได้พัฒนา HMIPv6 ส่วนหนึ่งนอกเหนือจากที่ได้เปรียบเทียบในกลุ่มมาทำการเปรียบเทียบโดยแยกตามการปรับปรุงประสิทธิภาพองค์ประกอบของ HMIPv6 ได้แก่ การปรับปรุงความสามารถของ MAP , การปรับปรุง CoA , ระยะเวลาในการตรวจสอบ DAD , การปรับปรุงข้อความ BU , การปรับปรุงเส้นทางการส่งข้อความในกระบวนการ หรือ Routing Message , การปรับปรุงหรือนำ Protocol อื่นๆ มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ , การนำ QoS มาเพิ่มประสิทธิภาพ , การใช้ Security เพื่อเพิ่มความปลอดภัย , การดำเนินการแฮนด์โอเวอร์ในชั้นที่ 2 และ ชั้นที่ 3 ส่วนสุดท้ายเป็นผลลัพท์ในการปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพโดยแบ่งเป็น การลดระยะเวลาแฮนด์โอเวอร์ ซึ่งอาจ

หมายถึง Handover Latency ตลอดจนเวลาการส่งข้อความต่าง ๆ ในกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ , การลดการสูญเสียแพ็ตเก็ต , การลดค่าการส่งสัญญาณ และค่าการส่งผ่านข้อมูล หรือ Throughput

จากตารางที่ 5 ได้แสดงให้เห็นว่า แต่ละวิธีล้วนแล้วแต่เลือกที่จะปรับปรุงเฉพาะส่วน เช่น เพิ่มประสิทธิภาพ MAP อย่างเดียว ([20],[23]) หรือปรับปรุงเฉพาะข้อความ BU ([7],[21]) หรือบางเทคนิคปรับปรุงทั้งสอง([6],[17]) ซึ่งจากจุดนี้แสดงให้เห็นว่า แม้เป็นการแก้ไขเพียงบ้างส่วนแต่ผลลัพท์ออกมาก็สามารถลดระยะเวลาการส่งข้อความลงไป ทำให้ค่า Handover Latency ลดลงไปด้วย โดยไม่จำเป็นต้องยกทั้งระบบมาแก้ไข บางวิธีแก้เพียงเส้นทางการส่งข้อความโดยอาศัยเทคนิคเล็กน้อย([16],[19]) ก็ช่วยลดค่า Handover Latencyลงได้อีกเช่นกัน และหากนำเทคนิคขั้นสูงอย่างการนำ QoS([8]) และ Protocol อื่น([15)] มาช่วยยิ่งทำให้ประสิทธิภาพการแฮนด์โอเวอร์มีมากขึ้นกว่าแค่ทำให้ Handover Latency ลดลงเพียงอย่างเดียว

6. บทสรุป

Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) ได้ถูกกำหนดออกมาให้เป็นส่วนขยายของ Mobile IPv6 เพื่อที่จะแก้ปัญหาการแฮนด์โอเวอร์ของ MIPv6 และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดีขึ้น โดยมีเป้าหมายเพื่อลดเวลาในการส่งสัญญาณและความล่าช้าเกี่ยวกับการเชื่อมต่อของ MN เพื่อจัดการกับการใช้ทรัพยากรที่ไม่มีประสิทธิภาพในกรณีของการเคลื่อนที่ภายใน Local Network โปรโตคอล HMIPv6 จะทำการแยกการเคลื่อนที่แบบ Local และ Global ออกจากกันโดยเพิ่ม Mobility Agent เข้ามาใหม่เรียกว่า Mobile Anchor Point (MAP) ซึ่งจะช่วยลดความล่าช้าจากการแฮนด์โอเวอร์

ถึงแม้ว่า HMIPv6 จะช่วยแก้ปัญหาใน MIPv6 แล้วก็ตาม แต่ยังคงไม่เพียงพอสำหรับการสนับสนุนการทำงานเฉพาะด้าน จึงได้มีการพัฒนาเพื่อทำให้ HMIPv6 สามารถรองรับแอพพริเคชั่นต่าง ๆ และสนับสนุนการใช้งานบนอุปกรณ์ไร้สายเคลื่อนที่ HMIPv6 จะประสบผลสำเร็จได้ต้องอาศัยกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ซึ่-/งเป็นกระบวนการสำคัญในการย้ายข้ามสถานีบริการเครือข่ายโดยที่การเชื่อมต่อไม่ขาดตอน และ HMIPv6 ยังได้มีการวิจัยจำนวนมากเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องมาโดยตลอด ในงานวิจัยชิ้นนี้ผู้จัดทำได้แบ่งกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ Fast Handover ,Seamless Handover , Security และ QoS จากบทความนี้ทำให้เห็นได้ว่ากระบวนการแฮนด์โอเวอร์กลุ่มต่าง ๆ ล้วนมีความเกี่ยวข้องกัน เช่น Seamless handover ต้องการการรองรับ QoS และ Security ด้วย และ Fast handover ยังสามารถดำเนินการในรูปแบบของ Seamless handover นอกจากนี้ยังได้อธิบายถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และทำการเปรียบเทียบเทคนิคที่นำเสนอ เพื่อให้เห็นถึงความสำคัญและความเกี่ยวข้องกันในส่วนประกอบแต่ละโหนด และผลการพัฒนาในงานวิจัย HMIPv6 ล้วนแต่ต้องการทำให้ค่าความล่าช้าในการแฮนด์โอเวอร์มีระยะเวลาที่สั้นลง ลดการสูญเสียแพ็ตเก็ต และลดค่าใช้จ่ายในการส่งสัญญฟๆาณในกระบวนการแฮนด์โอเวอร์

7. งานในอนาคต

จากงานชิ้นนี้แสดงให้เห็นว่าเราสามารถออกแบบกระบวนการ Fast handover โดยนำ QoS เข้ามาใช้โดยอาศัยโปรโตคอลดังที่กล่าวมาแล้วในข้อ 4 ให้สามารถรองรับ Seamless handover เพื่อนำมาทดสอบกับแอพพริเคชั่นแบบเรียลไทม์ และการปรับปรุงโหนด หรือข้อความเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ จากการเปรียบเทียบในตารางที่ 5 ผู้จัดทำได้เล็งเห็นว่า หากเป็นผู้เริ่มต้นศึกษา HMIPv6 การจะเริ่มทำการปรับปรุง HMIPv6 ควรลองเริ่มศึกษาที่ MAP เนื่องจาก MAP เป็นเอกลักษณ์ของ HMIPv6 ที่ MIPv6 พื้นฐานไม่มี ซึ่งจะช่วยให้ HMIPv6 มีประสิทธิภาพที่โดดเด่นมากขึ้น

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Ekachai Chansang, “A Study and Performance Improvement of Mobile IPv6 Handover” Mahanakorn University of Technology, 2010.

[2] Wu Chen-wen, Wang Ping, "Improved Fast Handover scheme for Hierarchical Mobile IPv6," Computer Science & Education, 2009. ICCSE '09. 4th International Conference on , vol., no., pp.294-297, 25-28 July 2009

[3] Sung-Hyun Nam, Hyunwoo Hwang, Ju-Hyun Kim, Kyung-Geun Lee , "Fast Macro Handover in Hierarchical Mobile IPv6," Network Computing and Applications, 2009. NCA 2009. Eighth IEEE International Symposium on , 9-11 July 2009, pp.323-326.

[4] Zheng Wang, Xiaodong Li, Baoping Yan, "Fast Inter-MAP Handover in HMIPv6," Education Technology and Computer Science, 2009. ETCS '09. First International Workshop on , vol.3, pp.918-922, 7-8 March 2009

[5] M.H. Habaebi ,”Macro/micro-mobility fast handover in hierarchical mobile IPv6,”Computer Communications ,Volume 29, Issue 5, 6 March 2006, Pages 611-617.

[6] Jong-Tae Park, Seung-Man Chun, Jae-Wook Nah, "Extension of hierarchical mobile IPv6 with Bi-casting tunnels over dual wireless network interfaces," Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), 2010 Second International Conference on , pp.279-284, 16-18 June 2010

[7] Sivchenko D., Bangnan Xu, Habermann J., Rakocevic V., "On the Performance of Enhanced Hierarchical Mobile IPv6," Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2005. PIMRC 2005. IEEE 16th International Symposium on , vol.3, no., pp.1575-1580, 11-14 Sept. 2005

[8] Lambert Kadjo Tanon, Souleymane Oumtanaga, Kone Tiemoman ,"Seamless multicast handover in an nc-hmipv6 environment," WSEAS, Transactions on computers, volume 7, May 2008.

[9] Byungjoo Park, Youn-Hee Han, Bongki Kim, Jae-Hyoung Yoo, "RFHP: Robust Fast Handover Protocol in Hierarchical Mobile IPv6 networks," Communications and Information Technologies, 2007. ISCIT '07. International Symposium on , vol., no., pp.1308-1313, 17-19 Oct. 2007

[10] Yingli Sheng, Cruickshank H. , "Security mechanisms for delivering ubiquitous services in next generation mobile networks," Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2008. PIMRC 2008. IEEE 19th International Symposium on , 15-18 Sept. 2008, pp.1-5.

[11] Hyun-Sun Kang, Chang-Seop Park , "Authenticated Fast Handover Scheme in the Hierarchical Mobile IPv6," WISA (2006). Volume: 4298, pp 211-224.

[12] Nuno Lopes, Maria Nicolau, Alexandre Santos, "A QoS-enabled resource management scheme for F-HMIPv6 micro mobility approach," Telecommunication Systems ,6 October 2011, pp. 1-17.

[13] Mongkolluksamee S., Visoottiviseth V. , "Diffserv Conditionalized Handover for HMIPv6," Advanced Communication Technology, 2008. ICACT 2008. 10th International Conference on , vol.2, 17-20 Feb. 2008, pp.1401-1406.

[14] QunYing Xie; Nguyen, H.M.; Tan, P.; Seah, W.K.G.; , "Handover supporting QoS in MPLS-based hierarchical mobile IPv6 networks," *Vehicular Technology Conference, 2003. VTC 2003-Fall. 2003 IEEE 58th* , vol.5,Vol.5, 6-9 Oct. 2003, pp. 3523- 3526.

[15] Stephane Elleingand, Samuel Pierre, "FH-RSVP scheme for intra-site handover in hierarchical mobile IPv6 networks," Computer Communications, Volume 30, Issue 2, 15 January 2007, pp 416-427.

[16] Yuh-Shyan Chen, Kau-Lin Chiu, Kun-Lin Wu, Tong-Ying Juang, "A Cross-Layer Partner-Assisted Handoff Scheme for Hierarchical Mobile IPv6 in IEEE 802.16e Systems," Wireless Communications and Networking Conference, 2008. WCNC 2008. IEEE ,pp.2669-2674, March 31 2008-April 3 2008

[17] Jongpil Jeong, Chung M.Y., Hyunseung Choo, "Cost-Reduced Inter-MAP Binding Update Scheme in Robust Hierarchical Mobile IPv6," Broadband Communications, Information Technology & Biomedical Applications, 2008 Third International Conference on , pp.422-429, 23-26 Nov. 2008

[18] Kai Cai, Zhimin Yang, Rongyi Chen, Chenghao Li, "A Handoff Algorithm Based on Care-of Address Pool for Hierarchical Mobile IPv6," Pervasive Computing and Applications, 2008. ICPCA 2008. Third International Conference on , vol.1, pp.302-306, 6-8 Oct. 2008

[19] Vivaldi I., Ali B.M., Habaebi H., Prakash V., Sali A., "Routing scheme for macro mobility handover in hierarchical mobile IPv6 network," Telecommunication Technology, 2003. NCTT 2003 Proceedings. 4th National Conference on , vol., no., pp. 88- 92, 14-15 Jan. 2003

[20] Jeong, Jongpil, Shin, Dong Ryeol, Choo, Hyunseung, Shin, Junwoo, "Performance analysis of virtual layer handoff scheme based on MAP changing in HMIPv6 networks," High Performance Computing and Simulation (HPCS), 2011 International Conference on , pp.169-175, 4-8 July 2011

[21] Natalizio E., Molinaro A., Marano S., "Reducing packet loss in hierarchical mobile IPV6," Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2004. PIMRC 2004. 15th IEEE International Symposium on , vol.3, no., pp. 1876-1880 Vol.3, 5-8 Sept. 2004

[22] Khaled Zeraoulia , Nadjib Badache ,"Seamless Multimedia Handoff for Hierarchical Mobile IPv6," ICWMC 2011, The Seventh International Conference on Wireless and Mobile Communications, June 19, 2011,pp 249 – 253.

[23] Hossain, A.K.M.M.; Kanchanasut, K.; , "A handover management scheme for mobile IPv6

networks," Computer Communications and Networks, 2005. ICCCN 2005. Proceedings. 14th International Conference on , pp. 43- 48, 17-19 Oct. 2005

[24] Ekachai Chansang, “A Study and Performance Improvement of Mobile IPv6 Handover” Mahanakorn University of Technology, 2010.