Flooding Strategy Multicast Tree Delay IN Tolerant Networks

เตชิต ชื่นประทุมทอง, สาวิตรี จูมเกตุ, อนุวัฒน์ ใจดี
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ—Delay Tolerant Network (DTN) เป็นการสื่อสารข้อมูลที่ไม่ใช้เส้นทางแบบ end to end ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการการแก้ปัญหาของมัลติแคสท์ใน DTN ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสมาชิกในกลุ่มมัลติแคสท์อยู่ตลอดเวลา โดยสมมติกลุ่มของผู้รับข้อความไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการจัดส่งข้อมูล มีความยืดหยุดในการค้นหาเส้นทาง รวมไปถึงเส้นทางที่ไม่เคยรู้มาก่อนซึ่งสามารถจัดการกับการเปลี่ยนแปลงของสมาชิกในกลุ่ม Multicast

A-SMART จะช่วยในการสำเนาข้อมูลที่มากกว่าหนึ่งและประสิทธิภาพการส่งข้อมูลถึงผู้รับในเวลาที่รวดเร็ว รวมไปถึงลดค่าใช้จ่ายในการส่งข้อมูลได้ ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่ากลยุทธ์การกำหนดเส้นทางของเราสามารถเพิ่มอัตราการส่งข้อมูลสำเร็จสูงขึ้นและค่าหน่วงเวลาลดลงกว่าเดิม

Keyword : Multicast, Delay Tolerant Network, A-SAMART

1. บทนำ

Delay Tolerant Network หรือ DTN คือข่ายที่ทนต่อความล่าช้า โดยทั่วไปมักจะนำไปใช้กับการสื่อสารประเภทการสื่อสารแบบไร้สาย อาทิเช่น เครือข่ายบนโทรศัพท์มือถือ การสื่อสารบนอวกาศ การสื่อสารในสนามรบของทางทหาร ซึ่งเกิดการสูญเสียของสัญญาณในการจัดส่งข้อมูลหรือแพ็กเก็ต ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาในการจัดส่งคือ ข้อมูลไม่สามารถส่งไปยังปลายทางได้อย่างสมบูรณ์ อันเนื่องมาจากการสูญหายของข้อมูลในระหว่างการจัดส่ง หรือความล่าช้าในการจัดส่งข้อความ ซึ่งโดยทั่วไป DTN จะมีลักษณะการเชื่อมต่อแบบ end-to-end คือการส่งข้อมูลแบบโหนดต่อโหนด จากเครื่องต้นทางหนึ่ง ไปยังปลายทางเพียงจุดเดียว จึงได้มีการนำเอาเทคโนโลยีการ multicast มาใช้ในการส่งข้อมูลเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ และประหยัดทั้งด้านทรัพยากรและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

การ Multicasting ใน Delay Tolerant Network เป็นการนำเอาวิธีการ multicast มาประยุกต์ใช้กับ DTN เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานที่มากขึ้น โดยสามารถส่งข้อมูลหรือแพ็กเก็ตจากเครื่องต้นทางเพียงเครื่องเดียว ไปยังเครื่องปลายทางได้หลาย ๆ เครื่อง ทำให้ได้รับข้อมูลอย่างกว้างขวาง ลดการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด และลดความล่าช้าที่เกิดจากการส่งข้อมูล โดยที่เครื่องต้นทางจะทำการส่งข้อมูลไปยังเครื่องปลายทางได้หลาย ๆ เครื่อง และเครื่องต้นทางสามารถกลับมาเป็นผู้ส่งไปยังเครื่องอื่น ๆ ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันหรือกลุ่มอื่น ๆ ได้

แต่เนื่องจากในปัจจุบันวิธีการ multicast ที่ใช้งานอยู่ยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการและยังคงมีค่าใช้จ่ายและประสิทธิภาพที่เพียงพอในการทำงาน นอกจากมีการนำเอา multicast มาใช้งานแล้ว ยังมีการนำเอาเทคโนโลยีอื่น ๆ มาใช้ควบคู่กันไปอีก เพราะเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ลดความล่าช้าในการทำงาน และ เพิ่มอัตราการส่งข้อมูลให้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งผู้วิจัย ได้นำเอาเทคโนโลยีของ FSMT(Flooding Strategy IN Multicast Tree) การส่งมัลติแคสท์แบบกระจายสำเนาข้อมูลในโครงสร้างต้นไม้ มีวิธีการส่งต่อข้อมูลแบบ Flooding โดยจะทำการสำเนาข้อมูลไว้หลายๆ ชุดแล้วทำการส่งต่อไปยังโหนดข้างเคียงทุก ๆ โหนด แล้วทำการส่งไปเรื่อย ๆ จนไปถึงปลายทางมีความยืดหยุ่นที่อนุญาตให้สมาชิกโหนดเข้าและออกจากกลุ่มได้ตลอดเวลา

2. งานที่เกี่ยวข้อง

Lei Yin, Hui-mei Lu, Ke Long, Yuan-da Cao[4][5] ได้พัฒนาการมัลติแคสท์ใน DTN ให้มีความยืดหยุ่นโดยออกแบบให้สมาชิกของโหนดสามารถเข้าร่วมหรือออกจากกลุ่มได้ตลอดเวลาและได้ใช้ STBR และ DTBR ในการประเมินผลการจำลองปรากฏว่าอัตราการส่งข้อมูลมีประสิทธิภาพสูงและ Delay ลดลง

การศึกษาปัญหาของ Multicast in DTN ของ Lei Yin, Hui-mei Lu, Ke Long, Yuan-da Cao โดยสมมติกลุ่มของผู้รับข้อมูลไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการการจัดส่งข้อมูล มีความยืดหยุ่นของการค้นหาเน้นทางในเส้นทางที่ไม่เคยรู้มาก่อน ซึ่งสามารถจัดการการเปลี่ยนแปลงของสมาชิกในกลุ่ม Multicast และสามารถเพิ่มอัตราการส่งข้อมูลสำเร็จสูงขึ้นและค่าหน่วงเวลาลดลง[4][5]

เครือข่ายที่ทนต่อความล่าช้า (DTNs) เป็นชนิดของเครือข่ายโทรศัพท์ไร้สายที่อาจจะขาดการเชื่อต่อจากเครือข่ายอย่างต่อเนื่อง multicast จะสนับสนุนการกระจายข้อมูลไปยังกลุ่มของผู้ใช้บริการที่จำเป็นต้องใช้งานโปรแกรม DTNs ที่มีศักยภาพ ในขณะที่ multicasting ในอินเตอร์เน็ตและเครือข่ายโทรศัพท์เฉพาะกิจได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางเนื่องจากมีลักษะเฉพาะ ของการแบ่งย่อยใน DTNs, multicasting ใน DTNs จึงเป็นปัญหาที่มีความแตกต่างกันมากและมีความท้าทาย มันไม่เพียงแต่ต้องการใช้เส้นทางปลายทางใหม่สำหรับความหมายของ multicast เท่านั้น แต่มันยังนำปัญหาใหม่ในการออกแบบขั้นตอนวิธีการกำหนดเส้นทาง ในวิจัยนี้เราได้นำเสนอรูปแบบการส่งต่อข้อมูล multicast ใน DTNs แบบใหม่ และพัฒนากลไกการส่งต่อแบบหลายผู้รับ เราเลือกใช้การส่งต่อแบบผู้แทน (delegation forwarding) DF multicast ใน DTNs และเปรียบเทียบกับรูปแบบ singleและ multiple copy multicast ที่ถูกออกแบบมาโดยเรายังประเมินประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของวิธีการตรวจสอบผ่านการจำลองอย่างกว้างขวาง[12]

3. Flooding Strategy Multicast Tree Delay IN Tolerant Networks

วิธีการกำหนดเส้นทางและส่งข้อมูลแบบ Flooding เป็นวิธีการง่ายที่สุดในการส่งข้อมูลใน DTN โดยโหนดต้นทางจะทำการสำเนาข้อมูลไว้หลายๆ ชุด ก่อนที่จะทำการส่งไปยังทุก ๆ โหนดที่สามารถติดต่อได้หรือโหนดที่อยู่ติดกับตัว NSet(neighbor set) แล้วทำการส่งต่อไปเรื่อย ๆ จนถึงโหนดปลายทาง หากการติดต่อสื่อสารเกิดปัญหาขึ้นแล้วโหนดปลายทางไม่ได้รับข้อมูล โหนดต้นทางหรือโหนดที่มีสำเนาข้อมูลอยู่ก็จะทำการส่งข้อมูลซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งปลายทางได้รับข้อมูล วิธีการนี้สามารถทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลสูง แต่จะสิ้นเปลืองทรัพยากรในเครือข่ายมากเนื่องจากมีการกระจายข้อมูลอยู่บนโหนดทุก ๆ โหนดอัลกอริทึมที่ทำงานในลักษณะนี้ก็ได้แก่ A-SMART จะเป็นการส่งแบบ Multi-Copy Replication Routing(MCR) โดยจะมีเร้าติ้งเทเบิลสำหรับจัดกลุ่มของโหนดในแต่ละฮอบ เพื่อกำหนด จำนวนของสำเนาแล้วทำส่งต่อข้อมูลไปยังกลุ่มนั้น ๆ ทำให้เส้นทางการส่งข้อมูลมีทางเลือกที่มากขึ้นแต่ก็ใช้ทรัพยากรค่อนข้างมากและการส่งข้อมูลถูกต้องและรวดเร็วเนื่องจากว่ามีเร้าติ้งเทเบิลช่วยในการค้นหาเส้นทาง

ความยืดหยุ่นของการค้นหาเส้นทางมัลติแคสท์ใน DTNs กระบวนการส่งต่อข้อมูลไม่จำเป็นต้องทราบโครงสร้างของเครือข่ายและอนุญาตให้โหนดเข้าร่วมหรือออกจากกลุ่มได้อย่างอิสระตลอดเวลา โดยใช้ต้นไม้มัลติแคสท์เข้ามาช่วยในการส่งต่อข้อมูลซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) STBR(Static Tree-Based Routing) คือโครงสร้างของต้นไม้ที่มีระยะทางระหว่างโหนดสั้นที่สุดใน DTN เมื่อรับข้อมูลแล้วก็จะทำการสำเนาข้อมูลแล้วทำการส่งต่อ หากไม่สามารถติดต่อโหนดที่จะส่งต่อได้ก็จะรอการเชื่อมต่อในโอกาสต่อไปและจะเพิ่มระดับความสำคัญขึ้นไปเรื่อย ๆ ตามลำดับรอบที่ขาดการติดต่อ

2) DTBR(Dynamic Tree-Based Routing) เป็นโครงสร้างที่เหมาสมสำหรับต้นไม้มัลติแคสท์เพราะอนุญาตให้โหนดเข้าร่วมหรือออกจากกลุ่มได้อย่างอิสระตลอดเวลา การค้นหาเส้นทางจะเลือกเส้นทางที่มีจำนวนฮอบน้อยที่สุด

ตารางที่ 1 เปรียบประสิทธิภาพการทำงานของมัลติแคสท์

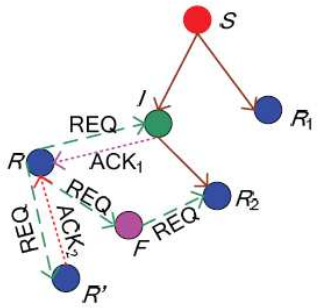
เทคโนโลยี	การทำสำเนา	การใช้บัฟเฟอร์	อัตราการส่ง	Latency	ค่าใช้จ่าย
Single copy multicasting	1	ต่ำ	ต่ำ	สูง	ต่ำ
Multi copy multicasting	Many	ปานกลาง	สูง	ต่ำ	ปานกลาง
DF	Many	สูง	สูง	ต่ำ	ต่ำ
FMD	Many	สูง	สูง	ต่ำ	สูง
FRM	Many	สูง	สูง	ต่ำ	สูง
TFUBM	Many			ต่ำ	ต่ำ
SBD	1	ต่ำ	ต่ำ	สูง	ต่ำ
GBR	Many	ต่ำ	ต่ำ	สูง	ต่ำ
ER	many	ปานกลาง	สูง	ต่ำ	ปานกลาง
A-SAMART	Many	ต่ำ	สูง	ต่ำ	ต่ำ

4. FSMT in DTN vs A-SMART

วิธีการกำหนดเส้นทางและส่งข้อมูลแบบ Flooding เป็นการส่งต่อข้อมูลที่ง่ายที่สุดของ DTN โดยต้นทางจะสำเนาข้อมูลไว้หลาย ๆ ชุด ก่อนที่จะทำการส่งไปยังทุกโหนดที่สามารถติดต่อได้ แล้วทำการส่งต่อไปเรื่อย ๆ จนถึงโหนดปลายทาง หากการติดต่อสื่อสารเกิดปัญหาขึ้นโหนดปลายทางไม่ได้รับข้อมูล โหนดต้นทางที่มีสำเนาข้อมูลอยู่ก็จะทำการส่งข้อมูลซ้ำ ๆ ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งโหนดปลายทางได้รับข้อมูล วิธีการนี้สามารถทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลสูง แต่จะสิ้นเปลืองทรัพยากรในเครือข่ายมาก เนื่องจากมีการกระจายข้อมูลอยู่บนโหนดทุก ๆ โหนด

5. โครงสร้างต้นไม้ของ Multicast

ทุกครั้งขณะที่รับข้อมูลจะเริ่มต้นเข้าสู่ต้นไม้มัลติแคสท์ ดังรูปที่ 1 ผู้รับข้อมูล R ได้ทำการส่งบรอดแคสท์ REQ ไปยังทุกโหนดที่อยู่ติดกับตัวเองในลักษณะโครงสร้างแบบต้นไม้ ถ้าไม่ได้รับ ACK จากโหนดใดในช่วงระยะเวลาหนึ่งแสดงว่าโหนดนั้นส่งข้อมูลต่อให้โหนดเพื่อนบ้าน(NSet) โหนด I ได้ส่ง ACK1 กลับมายัง R เมื่อ R ได้รับ ACK1 จาก I แล้วจะสร้างการเชื่อมต่อระหว่าง R กับ I (ถ้าต้นไม้มัลติแคสท์ส่ง REQ ไปมากกว่าหนึ่งโหนดแล้วได้รับ ACK1 พร้อมกัน R จะพิจารณาโหนดที่มีจำนวนฮ็อพน้อยที่สุด) และจะบันทึกจำนวนสมาชิกในต้นไม้มัลติแคสท์ทั้งหมดของ R เรียกว่า In-Tree Set TRUE ในขณะที่ R เข้าร่วมต้นไม้มัลติแคสท์ถ้าโหนดเพื่อนบ้านไม่ได้อยู่ในต้นไม้มัลติแคสท์ เช่น โหนด F (โหนดส่งต่อ) ได้รับ REQ และบรอดคาสท์ต่อไปยังโหนดเพื่อนบ้านและ R' เป็นโหนดเพื่อนบ้านของ R เมื่อ R' ส่ง ACK2 กลับไปยัง R เพื่อสร้างการเชื่อมต่อระหว่างกัน ทันทีที่หนึ่งในโหนดเพื่อนบ้านของ R ส่ง ACK1 กลับมามันจะส่งข้อความไปยังทุกโหนดและทำการเชื่อมต่อระหว่างกันพร้อมกับหยุดส่ง REQs ทันที เพื่อตรวจสอบสถานะการเชื่อมต่อจะส่งข้อความ HELLO ระหว่างกันในทุกๆ 500 ms ถ้าโหนดได้รับข้อความยังอยู่ก็จะส่ง ACK3 กลับไปยังโหนดต้นทางเรียกว่า In-Tree Flag To FALSE



รูปที่ 1 โครงสร้างต้นไม้ของ Multicast [4]

เพื่อลดจำนวนแพ็คเก็ตในกระบวนการจัดส่งของต้นไม้มัลติแคสท์เราจึ่งเพิ่มประสิทธิภาพการบรอดแคสท์ REQs สำหรับบรอดแคสท์ไปให้กับเพื่อนบ้านเท่านั้นถ้าโหนดไหนไม่ได้รับแพ็คเก็ตจนกว่าจะสามารถติดต่อโหนด I ในต้นไม้มัลติคาสท์เรียกว่า OHF(One-Hop Flood) และถ้าโหนดใดต้องการออกจากลุ่มมัลติแคสท์ก็ไม่ต้องส่ง REQs หรืออยู่อย่างเงียบๆ

5.1 ซ่อมแซมการเชื่อมต่อ

a) เนื่องจากการเคลื่อนที่ของโหนดในเครือข่าย DTNs มีตลอดเวลา Yang และ Chuah ได้นำเสนอการแก้ปัญหาการเชื่อมต่อไว้ดังนี้

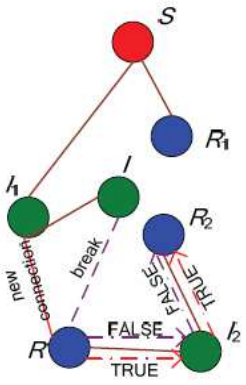
b) ข้อสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อระหว่างโหนดใหม่สั่งให้สองโหนดย้ายไปใกล้กันเพื่อสร้างการเชื่อมต่อ วิธีการทั้งสองนี้อาจจะไม่ได้ผล(อาจจะรอนานสำหรับคู่เดิมของโหนดที่จะติดต่อคนอื่น ๆ อีกครั้ง)และไม่ยอมรับวิธีการดังกล่าว(โดยปกติการเคลื่อนไหวของโหนดที่จะออกจากการ

ควบคุมของเรา) ในการนี้เราได้ออกแบบการเชื่อมต่อไว้สองส่วนย่อยดังนี้

I. ทำการส่ง REQs เพื่อหาเส้นทางไปยังต้นไม้มัลติแคสท์เรียกว่าหนึ่งต่อกลุ่ม

II. ซ่อมแซมเส้นทางการเชื่อมต่อของ unicast

รูปที่ 2 การเชื่อมต่อระหว่างโหนด I และ R จะถูกแบ่งโดยการเคลื่อนไหวของโหนดถ้าใช้วิธีที่ 1)โหนด R ส่ง REQ ไปยังทุกโหนดที่เชื่อมต่อในต้นไม้มัลติแคสท์ โหนดใหม่คือโหนด I1 ตอบรับการเชื่อมต่อจาก R พร้อมกับเริ่มการเชื่อมต่อระหว่างกัน อย่างไรก็ตามในวิธีนี้จะต้องหลีกเลี่ยงที่จะทำการเชื่อมต่อกับ R และโหนด Downstream ถ้าใช้วิธีที่ 2) โหนด R ค้นหาเส้นทางการเชื่อมต่อเดิมไปยังโหนด I ที่ยอมรับได้ตามขั้นตอนวิธียูนิแคสท์ใน DTN หลังจากที่ออกจากการเชื่อมต่อโหนดที่ได้รับ ACK จะเซ็ท In-tree flag เป็น TRUE



รูปที่ 2 ปรับปรุงการเชื่อมต่อ [4]

5.2 หลีกเลี่ยงการวนลูป

เมื่อมีการปรับปรุงการเชื่อมต่อเราควรหลีกเลี่ยงลูป downstream โดยเฉพาะโหนด I2 และ R2 ในรูปที่ 2 เพราะทุกโหนดเซ็ท In-tree เป็น TRUE แต่ไม่สามารถเชื่อมต่อกับต้นไม้มัลติแคสท์ได้ เราได้เสนอวิธีการ DBNS(Downstream Break News Spray) เพื่อหลีกเลี่ยงลูประหว่างการปรับปรุงการเชื่อมต่อ เมื่อตรวจพบการเชื่อมต่อ โหนด upstream เสียหายมันจะส่งข้อความ BROKEN ไปยังโหนด downstream และโหนดทุกโหนดที่อยู่ระหว่างการเชื่อมต่อนั้นเมื่อได้รับข้อความแล้วก็จะเซ็ท In-tree เป็น FALSE จากนั้นโหนดทั้งหมดเหล่านี้จะส่ง REQs เพื่อขอเข้าร่วมการเชื่อมต่อกับต้นไม้มัลติแคสท์จากการปรับปรุงการเชื่อมต่อ ในวิธีนี้ DBNS รับประกันว่าไม่มีลูประหว่างการปรับปรุงการเชื่อมต่อ

5.3 การจัดส่งข้อมูล

ทุกโหนดจะเก็บข้อมูล Upstreamโหนด และ Downstreamโหนด และบ่งบอกว่าโหนดอยู่ในต้นไม้มัลติแคสท์ ตั้งแต่การเชื่อมต่อใน DTN มี up/down บ่อยขึ้นและการส่งต่อข้อมูลทางธุรกิจอาจเกิดการสูญหายไปอย่างง่ายดาย เรานำออพชั่นคัดลอกข้อมูลไว้แต่ละโหนดแล้วส่งต่อไปในต้นไม้มัลติแคสท์จนกระทั่งทุกโหนดได้รับข้อมูลครบ หากมีผู้รับหรือโหนดใหม่เข้ามา R' จะส่ง REQs ไปให้เพื่อเข้าร่วมกับต้นไม้มัลติแคสท์ ในระหว่างส่งข้อมูลอัพสตรีมโหนด I จะเก็บข้อมูลไว้ในบัฟเฟอร์แล้วจะส่งต่อข้อมูลไปยัง R ไปในเส้นทางระหว่างกัน

ตารางที่ 2 เปรียบประสิทธิภาพการทำงานของ A-SAMART กับ FSMT

เทคโนโลยี	การทำสำเนา	การใช้บัฟเฟอร์	อัตราการส่ง	Latency	ค่าใช้จ่าย	Flooding
FSMT	Many	ต่ำ	สูง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
A-SMART	Many	ต่ำ	สูง	ต่ำ	ต่ำ	สูง

A-SMART จะเป็นการส่งแบบ Multi-Copy Replication Routing(MCR) โดยจะมีเร้าติ้งเทเบิลสำหรับจัดกลุ่มของโหนดในแต่ละฮอบ เพื่อกำหนด จำนวนของสำเนาแล้วทำส่งต่อข้อมูลไปยังกลุ่มนั้น ๆ ทำให้เส้นทางการส่งข้อมูลมีทางเลือกที่มากขึ้นแต่ก็ใช้ทรัพยากรค่อนข้างมากและการส่งข้อมูลถูกต้องและรวดเร็วเนื่องจากว่ามีเร้าติ้งเทเบิลช่วยในการค้นหาเส้นทาง

Algorithms SFMT[4]

```
//Key pseudo code of multicast tree
//construction in FMR:
In-tree Flag of source = TRUE;
In-tree Flag of others = FALSE;
For every node Ri applying to be intended
receivers
{
Ri broadcasts REQ;
If (node N receive REQ && In-tree Flag
of N == TRUE)
{
N sends ACK to R;
```

```
In-tree Flag of R = TRUE;
}
If (node N receive REQ && In-tree Flag
of N != TRUE && N is not a intended receiver)
{
N broadcasts this REQ;
}
If (node N receive REQ && In-tree Flag
of N != TRUE && N is a intended receiver)
{
N sends ACK' to R;
R establishes a connection between N
and R when ACK' is received;
If (R receives ACK || N receives
ACK)
{
In-tree Flag of R = TRUE;
In-tree Flag of N = TRUE;
}
}
}
//process of business message delivery:
For every business message
{
If (In-tree Flag of next hops == TRUE)
{
Messages are delivered to next hops;
}
Else
{
Message is stored in the buffer
}

        }
```

6. การประเมินและวัดประสิทธิภาพ

ในส่วนนี้เราจะอธิบายแบบจำลองที่มีขั้นตอนต่อไปนี้

a) การใช้งานแบบจำลองสภาพแวดล้อมและตัวแปร

b) เปรียบเทียบ FMR ด้วยวิธีการ STBR และ DTBR วัดประสิทธิภาพได้ดังนี้

I. อัตราการส่งข้อมูลถูกกำหนดเป็น bundles ที่มีตัวเลขไม่ซ้ำกันแล้วส่งข้อมูลออกไปทั้งหมดผู้รับจะได้รับข้อมูลที่ไม่ซ้ำกัน

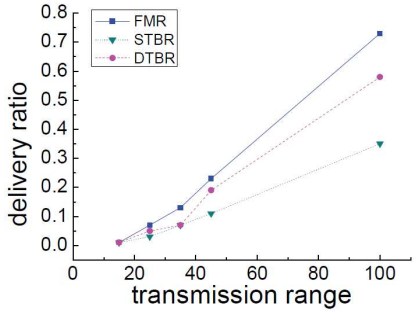
II. ค่าใช้จ่ายซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยจำนวนการคัดลอกข้อมูลที่ได้รับในเครือข่าย

III. ข้อมูลที่ส่งจะแฝงไปด้วยรายละเอียดต้นทางปลายทางค่าเฉลี่ยในการจัดส่ง ในการจำลองเราใช้ตัวแปรต่อไปนี้

1) จำนวนความหนาแน่นของโหนด

2) ช่วงของการส่งข้อมูล

แบบจำลองทั้งหมดได้ทำการจำลองในพื้นที่ 4500 เมตร และ 3500 เมตร โดยให้โหนดเคลื่อนที่อยู่ภายในพื้นที่นี้ด้วยโมเดล RWP(Random Way Point) เพื่อตรวจสอบไปยังทุกโหนดว่ายังทำงานอยู่หรือไม่จะทำการส่งสัญญาณออกไปทุก ๆ 500 ms แต่ละแบบจำลองใช้เวลาทั้งหมด 43000 s ทุกข้อมูลที่ส่งมีค่า TTL=∞ ขนาดข้อมูลมีขนาดระหว่าง 750KB – 1.5MB ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยจากการจำลองทั้งหมด 50 ครั้ง



รูปที่ 3 เปรียบเทียบอัตราการส่งข้อมูลสำเร็จ [4]

จากรูปจะเห็นว่า FMR จะมีอัตราการส่งข้อมูลสำเร็จสูงที่สุด คือสูงว่า STBR และ DTBR ซึ่งอัลกอริทึม SFMT มีการพัฒนามาจาก FMR ทำให้ SFMT มีอัตราการส่งข้อมูลดีที่สุด

7. สรุป

จากแนวคิดของการดำเนินงาน Flooding Strategy Multicast Tree Delay IN Tolerant Networks ผู้จัดทำคิดว่าวิธีการนี้เป็นวิธีการที่ดีที่สุดจะช่วยในการทำสำเนาข้อมูลได้เป็นจำนวนมาก การใช้บัฟเฟอร์ในอัตราที่ต่ำ อัตราการส่งข้อมูลถูกต้องและรวดเร็วเนื่องจากมีเร้าติ้งเทเบิลช่วยในการค้นหาเส้นทาง ค่าเวลาในการส่งแฝงมีค่าที่ต่ำ รวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการทำงานที่ต่ำเนื่องจากการ Flooding อยู่ในระดับต่ำ

8. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจาก FSMT in DTN (Flooding Strategy Multicast Tree Delay IN Tolerant Networks) ยังทำงานในสภาพแวดล้อมที่กลุ่มสมาชิกของ Multicast ไม่มีการเคลื่อนไหวหรือกล่าวได้ว่าเป็นแบบ STBR(Static Tree-Based Routing) ถ้าทำงานในสถาพแวดที่มีสมาชิกเข้าออกตลอดเวลาอาจทำให้อัตราการส่งข้อมูลไม่ดีเท่าที่ควรหรืออาจเกิดปัญหาในการส่งข้อมูล ดังนั้นจึงควรมีการศึกษา FSMT in DTN ในรูปแบบของ DTBR(Dynamic Tree-Based Routing) ต่อไป

REFERENCE

[1] W. Zhao, M. Ammar and E. Zegura, “Multicasting in delay tolerant networks:semantic models and routing algorithms”, in Proc. SIGCCOM Workshop in DTN, pp.268-275, 2005.

[2] Abdulla M, Simon R, "A Simulation Analysis of Multicasting in Delay Tolerant Networks", in Proc Of Winter Simulation Conference (WSC), pp.2234-2241, 2006

[3] Lee U, Soon Young Oh, Kang-Won Lee, Gerla M, "RelayCast: Scalable Multicast Routing in Delay Tolerant Networks", in Proc Of IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP), 2008

[4] Lei Yin, Hui-mei Lu, Ke Long, Yuan-da Cao, "A Flexible Multicast Routing Scheme for Multicasting in Delay Tolerant Networks", in Proc Of Comunications and Networking Fourth International Conference, 2009

[5] Lei Yin, Yuan-da Cao, Ke Long, "Delay Modeling and Analysis in DTN Multicasting", in Proc Of International Colloquium Computing Communication Control, pp.177-181, 2009

[6] Kuang Zhufang, "An Multicast Routing Based on Ant Colony Optimization Algorithm for DTN", International Conference Genetic and Evolutionary Computing(ICGEC), 2010[7] Jie Wu, Yunsheng Wang, "A Non-Replication Multicasting Scheme in Delay Tolerant Networks", in Proc Of International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems (MASS), pp.89-98, 2010

[8] Zhigang Jin, Jia Wang, Sainan Zhang, Yantai Shu, "Epidemic-Based Controlled Flooding and Adaptive Multicast for Delay Tolerant Networks", in Proc Of Ubiquitous Intelligence & Computing International Conference on Autonomic & Trusted Computing (UIC/ATC), 2010

[9] Kuang Zhufang, "An Multicast Routing Based On Ant Colony Optimization Algorithm for DTN", in Proc Of Fourth International Conference on Genetic and Evolutionary Computing, 2010

[10] Kuang Zhufang, "An Multicast Routing Based on Ant Colony Optimization Algorithm for DTN", International Conference Genetic and Evolutionary Computing(ICGEC), 2010

[11] Minghui Ma, Zhaoxiang Zhang, Xudong An, Chao Li, Yuanda Cao, "Probability and Receiver List Based Multicast Routing in DTNs", in Proc Of International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), 2010

[12] Yunsheng Wang, Xiaoguang Li, Jie Wu, "Multicasting in Delay Tolerant Networks: Delegation Forwarding", in Proc Of IEEE Global Telecommunications Conference, 2010

[13] Young Li, Guolong Su, Wu D.O, Depeng Jin, Li Su, Lieguang Zeng, "Teh Impact of Node Selfishness on Multicasting in Delay Tolerant Networks", in Proc Of IEEE Transactions Vehicular Technology, 2011