Improvement for AODV based on Backup Path strategy

Weizhen Sun, Qinzhen Zhang, Yong Xiang

เรียบเรียงโดย: นางสาวนิธินันท์ มาตา

I. Introduction

Mobile Ad Hoc Network (MANET) ประกอบไปด้วยกลุ่มของ Mobile node ที่ส่งสัญญาณแบบไร้สาย และ Receivers, MANET ไม่ต้องการการเชื่อมต่อการสื่อสารที่ตายตัว ต้องสามารถนำไปใช้ได้รวดเร็ว

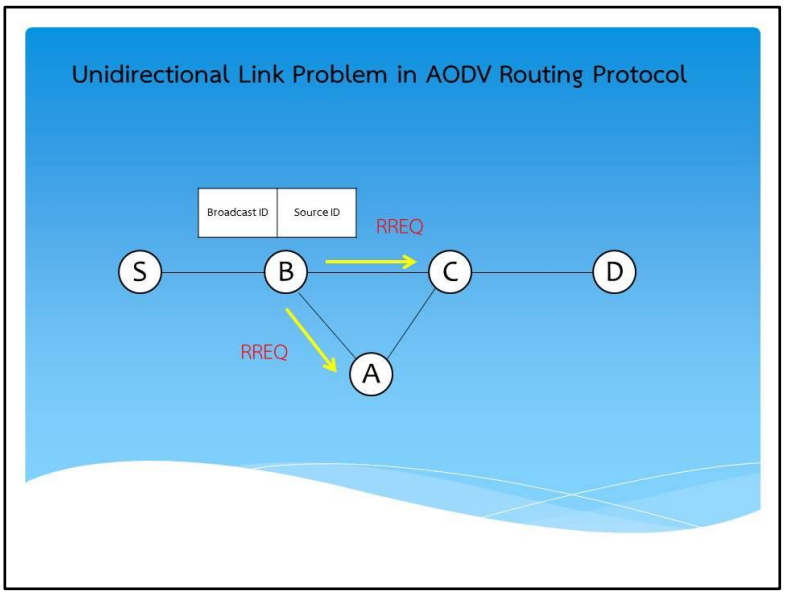
เมื่อโหนดไม่สามารถเข้าถึงหรือติดต่อกันได้โดยตรง จะใช้วิธีการสื่อสารกับหลายๆ Hop แทน ดังนั้น Mobile node ที่อยู่ในโครงข่ายเหล่านี้ต้องให้ความร่วมมือโดยทำหน้าที่เป็นทั้ง Router และเป็นทั้ง Host สำหรับ Forward packet (Route Request) ส่งต่อไปยัง node อื่นๆ

MANET เป็น Heterogeneous network เนื่องจากความแตกต่างของสิ่งต่างๆ เหล่านี้ ไม่จะเป็น Transmission power (กำลังส่งของอุปกรณ์), ข้อจำกัดของพลังงาน node, ความแตกต่างของเสาขยายสัญญาณ และความไม่สม่ำเสมอของ noise ในสภาพแวดล้อมรอบๆ และบางครั้งก็มีการเชื่อต่อแบบ Unidirectional เกิดขึ้น แต่ใน Routing Protocol ใน MANET ส่วนใหญ่ที่นำเสนอ เช่น AODV, DSR, TORA, DSDV และอื่นๆ ได้ Assume เอาว่าการเชื่อมโยงเป็นแบบ Bidirectional ดังนั้น Routing Protocol ดังกล่าวข้างต้น จึงรองรับการเชื่อมต่อแบบ Bidirectional

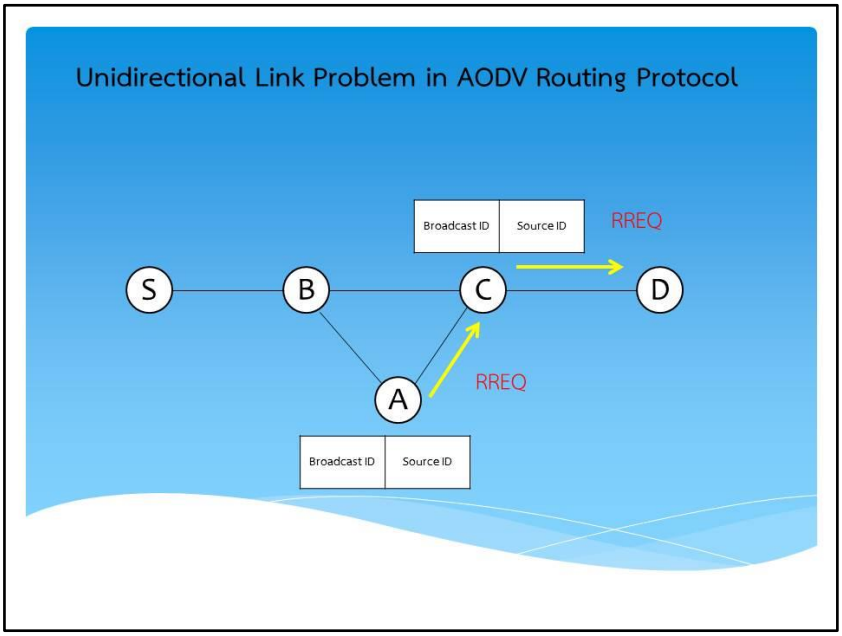
ในวิจัยนี้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับ Protocol AODV ที่รองรับการเชื่อมต่อแบบ Bidirectional โดยใช้ mechanism การ Backup routing table และใช้ Backtrack Route Reply (BRREP) ทั้งสองส่วนนี้เพื่อทำการตรวจสอบและหลีกเลี่ยงการเชื่อมต่อแบบ Bidirectional

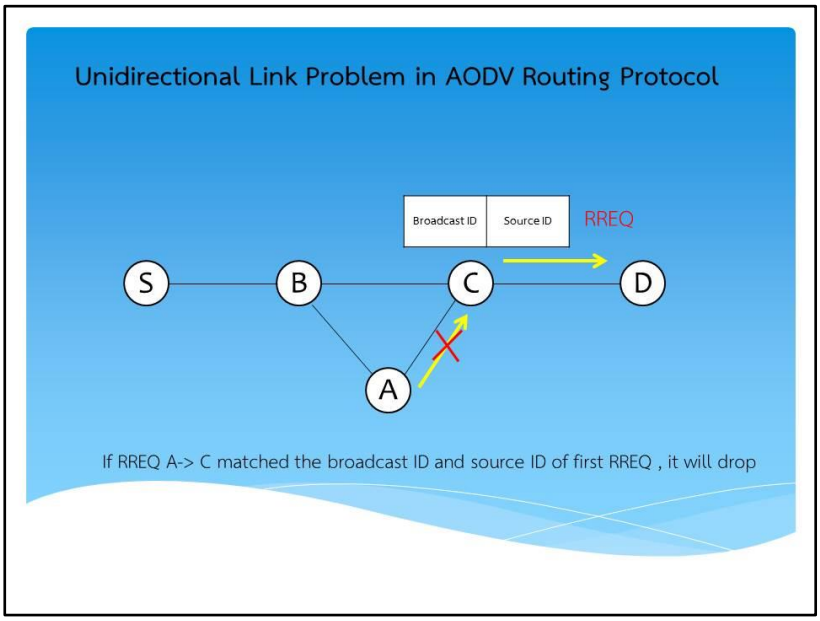
II. Unidirectional link problem in AODV routing protocol

เมื่อไรก็ตามที่ source node ต้องการสื่อสารกับ destination node แต่ไม่รู้เส้นทางที่จะไป จะเริ่มทำการ route discovery โดย broadcast route request ออกไปในเน็ตเวิร์ก (flooding ออกไป) ภายใน RREQ จะปรกอบไปด้วยข้อมูล Node ID, Hop count = โดยมีหลักการในการนับคือ ทุกๆ node ที่วิ่งผ่านจะนับเป็น 1 และจะนับไปเรื่อยๆ จากต้นทางไปจนถึงที่หมาย, Sequence Number = ใช้บอกความสดของ packet, Packet Lifetime = อายุขัยของ Packet ว่าให้สิ้นสุดลงเมื่อใด, Flag = ใช้บอกคุณสมบัติของ packet ขณะนั้นและใช้ควบคุมจังหวะการรับส่งข้อมูล

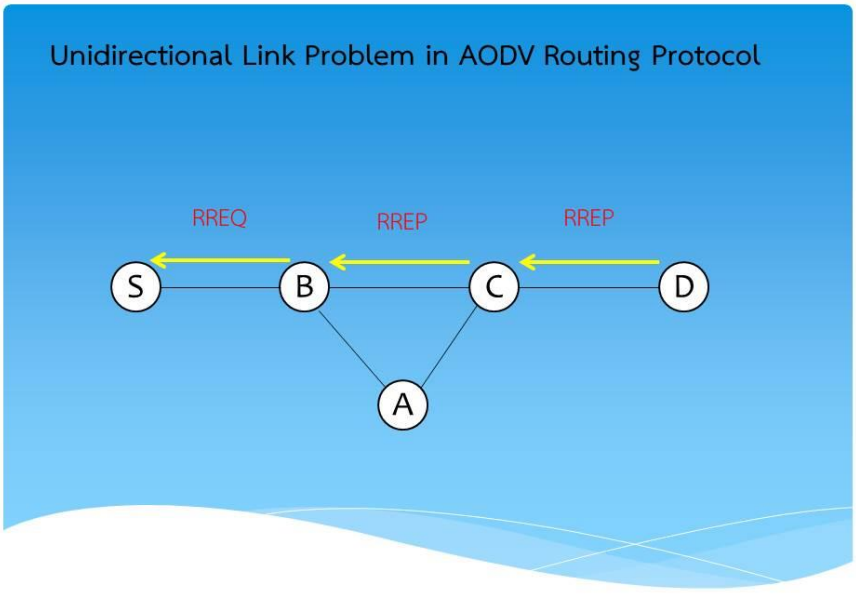


RREQ packet จะถูก broadcast ไปที่ปลายทาง โดยโหนดที่อยู่ระหว่างทางเมื่อได้รับ RREQ packet แล้ว จะ rebroadcast ไปต่อและจะมีการบันทึก Broadcast ID และ Source ID ไว้ ถ้าได้รับ RREQ ครั้งแรก แล้ว มีการส่ง RREQ มาที่ node นั้นอีก node ระหว่างทางจะทำหน้าที่ตรวจสอบดูว่า Broadcast ID กับ Source ID match กับข้อมูลที่เก็บไว้ไหม ถ้ามัน match มันจะโยน RREQ ที่รับมาทีหลังนั้นทิ้ง จากตัวอย่าง A ต้อง rebroadcast ไปหา C ซึ่ง C ได้รับ RREQ จาก B แล้ว ก็ตรวจสอบดูว่า Broadcast ID กับ Source ID ตรงไหม

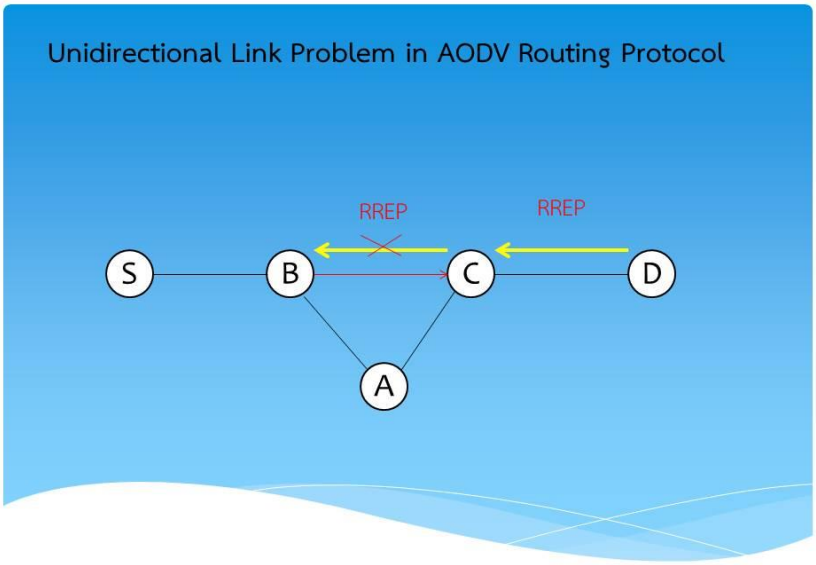




ถ้าการเชื่อมต่อในเน็ตเวิร์กเป็นการเชื่อมต่อแบบ Directional , routing path จะถูกสร้างขึ้นระหว่างต้นทางและปลายทาง โดยพิจารณาจาก shortest hop และ lowest delay โดยมีการ unicast RREP บนทาง D->C->B->S



ถ้า link ระหว่าง AODV เป็นแบบ unidirectional ,B จะไม่สามารถรับ RREP จาก C ได้ ซึ่งจะส่งผลให้การค้นหาเส้นทางล้มเหลว ส่งผลให้การเชื่อมต่อระหว่าง S-> D เป็นไปไม่ได้



III. Solution

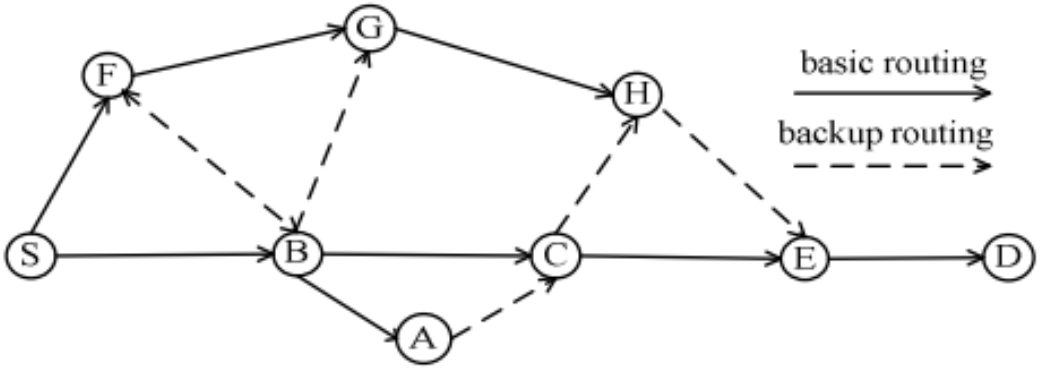
ในการเพิ่มประสิทธิภาพ AODV ให้สามารถทำงานครอบคลุมการเชื่อมต่อแบบ unidirectional ในเครือข่าย โดยใช้ mechanism ในการ backup routing table และการใช้ Backtrack routing reply (BRREP) ในการตรวจสอบหรือหลีกเลี่ยงการเชื่อมต่อแบบ unidirectional และหาเส้นทางหรือเส้นทางเลือกในการส่งข้อมูล ในการหาค้นหาเส้นทางไปข้างหน้า และค้นหาเส้นทางกลับ เมื่อพบว่าไม่สามารถหาเส้นทางกลับได้ node จะกู้คืน RREP ทีสูญหาย และไปเลือกเส้นทางอื่นในการส่ง

ความคิดที่นักวิจัยนำเสนอมันจะขึ้นอยู่กับกลยุทธ์การ backup route table , การ backup route table เป็นผลที่ได้จากการค้นหาเส้นทางการส่ง RREQ หรือ forward route discovery phase โดยไม่มี cost เพิ่มเติมในการเก็บ หลักการทำงานของ Forward routing discovery คือ เมื่อไรก็ตามที่ node ได้รับ RREQ packet ในครั้งแรกและพบว่า basic routing table ว่าง (การใช้เทคนิค AODV-BP ไม่ได้มี routing table เก็บข้อมูลเพียงอันเดียวแล้ว เค้าจะใช้ตาราง routing 2 อัน คือ basic routing table และ backup routing table โดย Basic routing table จะเก็บค่าเส้นทาง,หรือการเชื่อมต่อของ node แบบ Routing table ของ AODV ธรรมดา) จะบันทึก reverse path ลงใน Basic routing table

และเมื่อได้รับ RREQ ในครั้งที่ 2 ก็จะตรวจสอบว่า Broadcast ID และ Source ID ตรงกับของเดิมไหม ถ้าตรงก็จะไปดูว่า backup routing table ว่างไหม ถ้าว่างก็จะบันทึก reverse path อีกทางเอาไว้

อย่างไรก็ตามถ้าไม่มีการบันทึก reverse path อื่นนอกหรือจากใน basic route table และทิ้ง RREQ ที่มาทีหลังนั้นจะทำให้ RREQ นั้นไม่ถูกส่งต่อไปยัง node อื่นๆ เลย (เหมือนไม่เผื่อทางเลือกอื่นไว้) แต่มันมีข้อดีคือจะช่วยลด ความแออัดของเครือข่าย หรือลดการเกิด congestion ในเครือข่าย

สมมุติการเชื่อมต่อโครงข่าย หลังจากทำขั้นตอนของ **Forward routing discovery** เรียบร้อยแล้ว บางโหนดจะมีอย่างน้อย 1 เส้นทางที่เป็น basic routing และบางเส้นทางจะมี backup routing



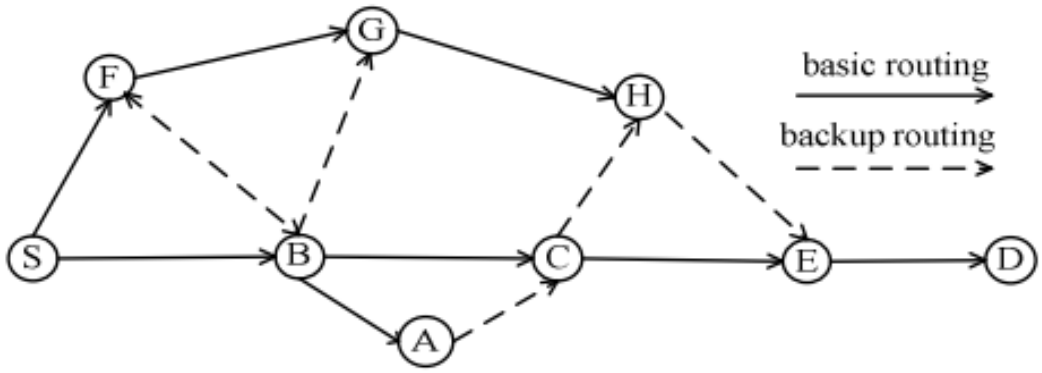
เมื่อ first RREQ ถูกรับโดย node ปลายทาง ,node ปลายทางจะสร้าง RREP packet และ unicast ให้ next hop ไปยัง ต้นกำเนิด RREQ packet บน basic routing table

node ระหว่างทาง เมื่อได้รับ RREP จะพิจารณาข้อมูลบน basic routing table เพื่อหาเส้นทางส่ง RREP ไปยัง next hop และจะส่ง ACK packet หรือ re-acknowledgement (RACK) packet ไปพร้อมกับ RREP ยัง node นั้น และรอ ACK ตอบกลับมาจาก next hop ถ้าได้รับ ack กลับมาแล้ว จะ remove ACK timeout ออกไป

แต่ถ้าไม่ได้รับ ACK ตอบกลับมาภายในเวลาที่กำหนด โดยดูจาก ACK_wait_time, node ก็จะแจ้งกลับไปยัง source node ว่า next hop นี้ไม่สามารถเข้าถึงได้, และ node ระหว่างทางโหนดนั้นจะไปต้นหาเส้นทางจาก backup routing table ทันที,ถ้าเส้นทางทที่ต้องการไปพบใน backup routing table ,RREP จะถูกกู้คืนและส่งไปยัง next hop ใหม่ โดยที่ RREP ที่ถูกกู้คืน จะต้องเหมือนกับ RREP ที่สูญหาย ข้างในต้องมีเนื้อหาเดียวกัน (destination sequence number, route lifetime, etc.) และรอ RACK ตอบกลับมจาก

next hop ถ้าได้รับ RACK ตอบกลับมา ก็จะ Remove RACK timeout และ backup path นั้น ก็ถูกเลือกถ้าไม่ได้รับ RACK กลับมา ภายในระยะเวลาที่กำหนดโดยดูจาก RACK_wait_time , node จะพิจารณาจาก forward routing table ในการส่งข้อมูลกลับ โดยส่งข้อมูลใหม่ที่ชื่อว่า backtrack route

reply (BRREP) ไปยัง upstream node เพื่อให้ลองหาเส้นทางอื่น A BRREP จะถูกสร้างขึ้นโดย node หว่างทาง เมื่อ backup route ไม่สามารถส่งข้อมูลได้



จากรูป ถ้าทุกการเชื่อมต่อของเครือข่ายนี้เป็นแบบ bidirectional , node D ซึ่งเป็น node ปลายทาง จะ unicast RREP packet ไป node E บนเส้นทาง D-> E->C->B-> แต่ถ้า การเชื่อมต่อระหว่าง C และ B เป็นแบบ unidirectional

node C จะไม่ได้รับ ACK ตอบกลับมาจาก node B ดังนั้น node C จะ unicast RREP ไปยังเส้นทาง C-> A -> B -> S บนเส้นทางของ backup routing

แต่ถ้าทั้ง การเชื่อมต่อระหว่าง B-C และ A-B เป็น unidirectional , node C จะส่ง BRREP ไปยัง node E เมื่อ E ได้รับ BRREP ก็จะส่ง RREP ไปยัง node H บนเส้นทาง E->H->G->F->S ซึ่งเป็น Backup routing

IV. PERFORMANCE EVALUATION AND SIMULATION

การวัดประสิทธิภาพ วัด 3 ด้าน ดังนี้

1) Packet deliver ratio: อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล หมายถึง สัดส่วนระหว่างแพ็คเก็ตข้อมูลที่สามารถจัดส่งไปยังโหนดปลายทางได้สำเร็จและจำนวนแพ็คเก็ตข้อมูลทั้งหมดที่ node ต้นทางจัดส่ง ความสาเร็จในการส่งขอมูลนี้จะอยในช่วง [0, 1] หรือ [0%, 100%] โดยค่าที่เขาใกล 1 หรือ 100% จะแสดงถึงอัตราความสำเร็จ ในการส่งขอมูลที่สูง ซึ่งก็จะหมายถึงว่าโปรโตคอลที่ทำการทดสอบมีสมรรถนะสูงนนเอง

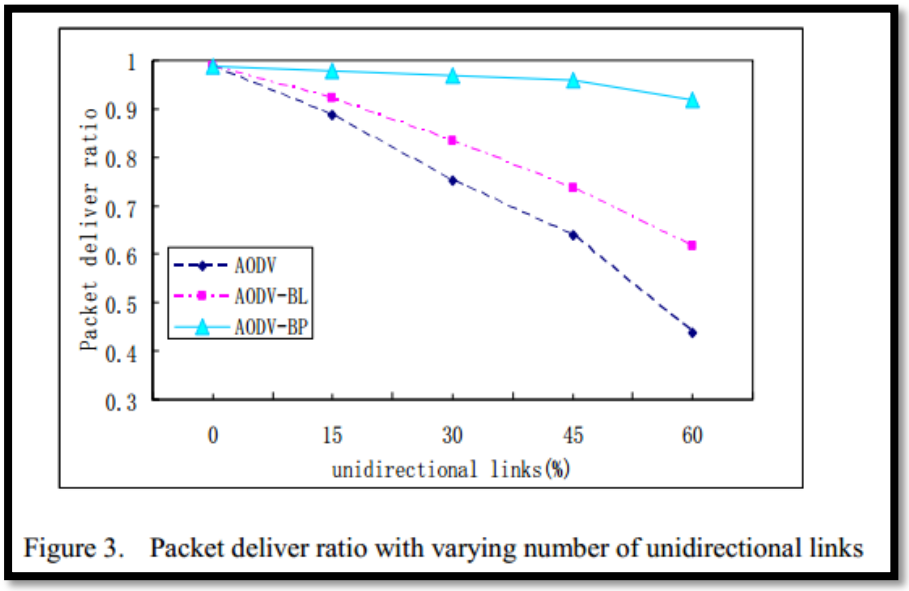


Figure 3. Packet deliver ratio with varying number of unidirectional links

AODV จะมีจำนวน packet ที่ถูก drop มากที่สุด เพราะ AODV จะไม่มีการแจ้งให้รู้ได้เลย ว่าเส้นทางที่ส่งไปเป็นแบบ unidirectional ทำให้มีการส่งข้อมูลไปเส้นทางเดิมซ้ำๆ หลังจากการค้นหาทุกทางล้มเหลว ข้อมูลที่จะถูกสส่งไปยัง destination จะถูก drop

การ drop packet จะลดลง สำหรับ AODV – BL เมื่อเทียบกับ AODV ต่าก็ยังมีการ drop ถึง 40% ของ packet ที่ส่งไปเพราะความช้าในการกำจัดการเชื่อมโยงแบบ unidirectional และยังคงมีจำนวนคววามล้มเหลวในการค้นหาเส้นทางเป็นจำนวนมาก

AODV ส่ง packet ได้เกือบทั้งวหมดเสมอ แสดงให้เห็ฯว่า AODV มีประสิทธิภายในการเอาชนะการเชื่อมต่อแบบทางเดียวโดยการสำรองเส้นทางการสส่งข้อมูลย้อนกลับ

2) **Average end-to-end delay of data packets:** ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของเวลาที่แต่ละแพคเก็ตข้อมูล ใช้ในการเดินทางจากโหนดต้นทางไปถึงโหนดปลายทาง ค่า**Average end-to-end delay of data packets**ต่ำแสดงว่าโปรโตคอลสามารถค้นหาเส้นทางไปยงโหนดปลายทางได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นการแสดงว่าโปรโตคอลที่ทำการทดสอบมีสมรรถนะสูง

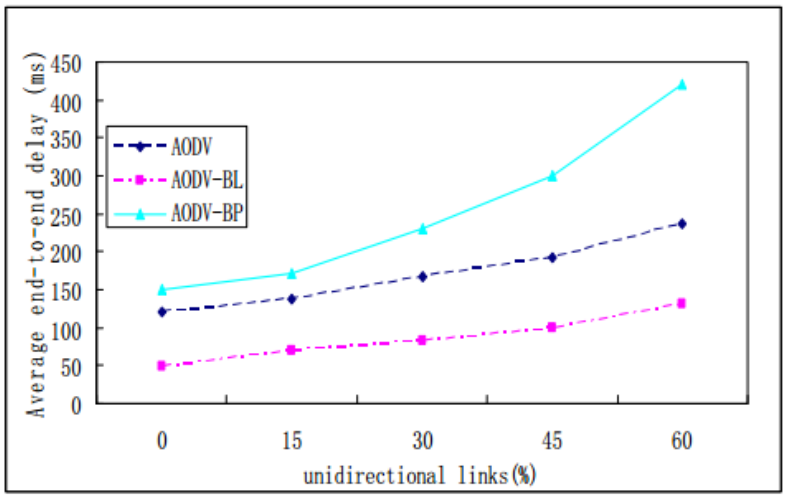


Figure 4. Average end-to-end delay with varying number of unidirectional links

เป็นที่สังเกตุว่า delay เฉลี่ยของ AODV และ AODV-BL ยังคงอยู่ต่ำกว่า AODV-BP ก็คงเป็นเพราะ AODV-BP ใช้การเชื่อมโยงแบบทิศทางเดียว โดยยอมให้มีจำนวน hop count เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทำให้ผลการดำเนินงานในการหาเส้นทางดีขึ้น

ในสถานการณ์เครือข่ายที่มีการเชื่อมโยงทั้งหมดได้รับการตั้งค่าให้เป็นแบบสองทิศทาง AODV-BP ทำให้ delay เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับ AODV และ AODV-BL มันเป็นเพราะแพ็กเก็ต ACK จะหายไปในระหว่างการส่งเนื่องจากการปะทะกันแพ็คเก็ต ทำให้ forward route ถูกตีความว่าเป็นการเชื่อมต่อแบบ unidirectional การไม่ได้รับการตอบกลับของ ACK packet จะใช้กลยุทธ์ Backup route path เพื่อหาเส้นทางอื่น เป็นเหตุของ delay ที่เกิดขึ้น

3) Normalized routing load: จำนวน routing packet ที่ส่ง ต่อ data packet ที่ได้รับที่โหนดปลายทาง โดยการส่งข้อมูลไปแต่ละ hop นับเป็น 1 การส่ง จำนวนแพ็คเก็ตอื่น ๆ นอกเหนือจากแพ็คเก็ตของมูลที่ต้องมีการจัดส่งภายในเครือข่ายโดยเฉลี่ยเพื่อจัดสั่ง แพ็คเก็ตข้อมูลแต่ละแพ็คเก็ตไปยังโหนดปลายทาง

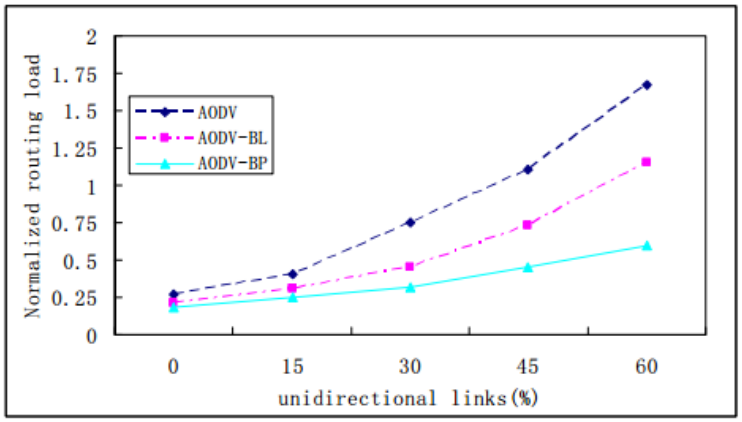


Figure 5. Normalized routing load with varying number of unidirectional links

AODV-BP มี overhead ที่ต่ำที่สุดตามด้วย Basic AODV และ AODV-BL

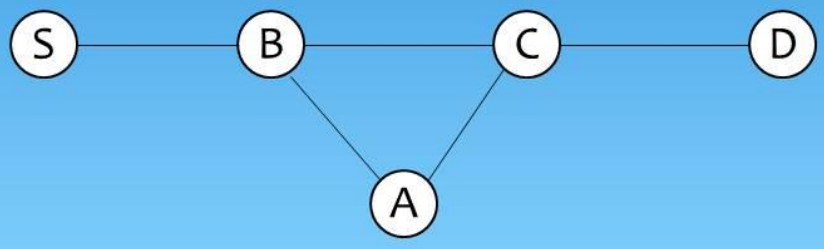
routing overhead in AODV-BP ที่ต่ำ เนื่องจาก BRREP และ ACK ที่เพิ่มเติมเข้ามานอกจาก route reply จะช่วยค้นพบเส้นทางที่เป็นได้ เมื่อการเชื่อมโยงทั้งหมดเป็นแบบสองทิศทาง AODV-BP แสดงให้เห็นเกือบคล้ายกับ AODV และ AODV-BL โหลดในเส้นทางปกติ เพราะแพ็คเก็ต ACK จะหายไปในระหว่างการส่งเนื่องจากแพ็คเก็ตการปะทะกัน; ทำให้เกิดความพยายาม broadcast RREQ โดย AODV และรูปแบบ AODV-BL แต่ AODV – BP จะพยายามหาเส้นทางอื่นในการส่ง

ภาพสไลด์ประกอบการนำเสนอ

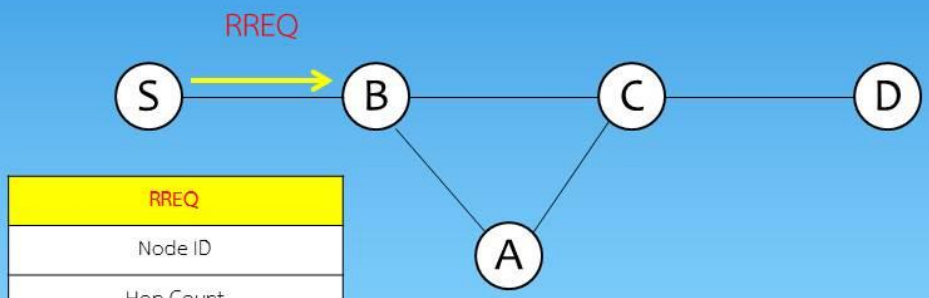
Improvement for AODV based on Backup Path strategy

Weizhen Sun, Qinzhen Zhang, Yong Xiang

Unidirectional Link Problem in AODV Routing Protocol

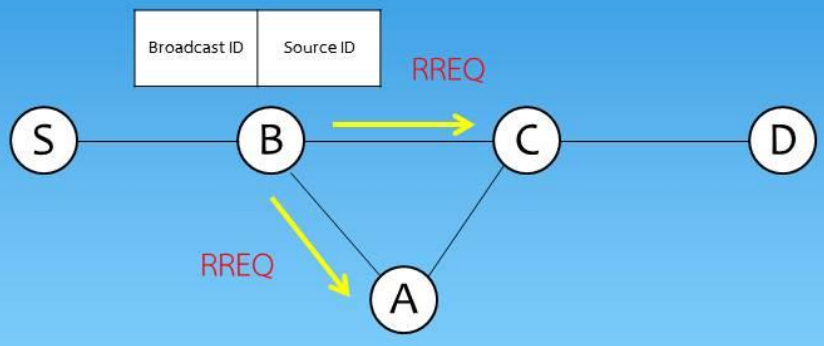


Unidirectional Link Problem in AODV Routing Protocol

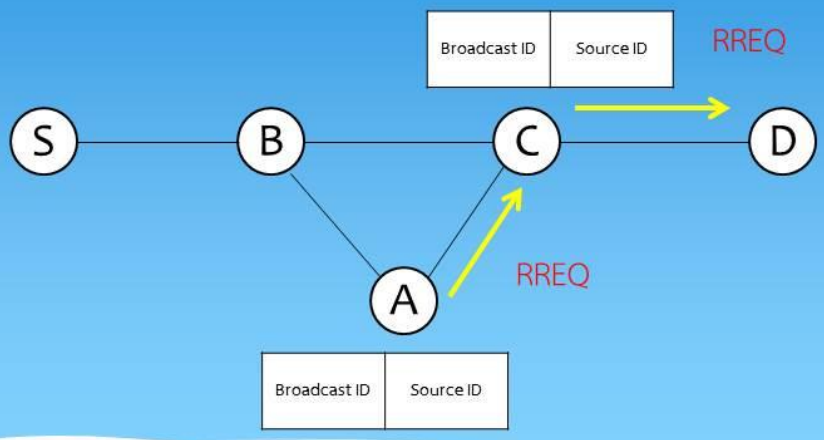


RREQ
Node ID
Hop Count
Sequence Number
Packet Lifetime
Flag

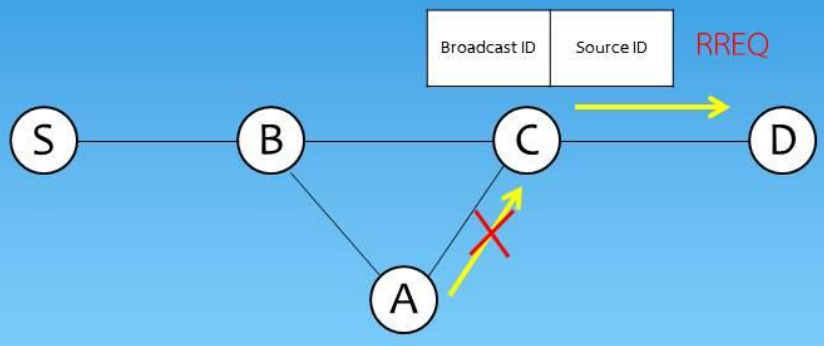
Unidirectional Link Problem in AODV Routing Protocol



Unidirectional Link Problem in AODV Routing Protocol

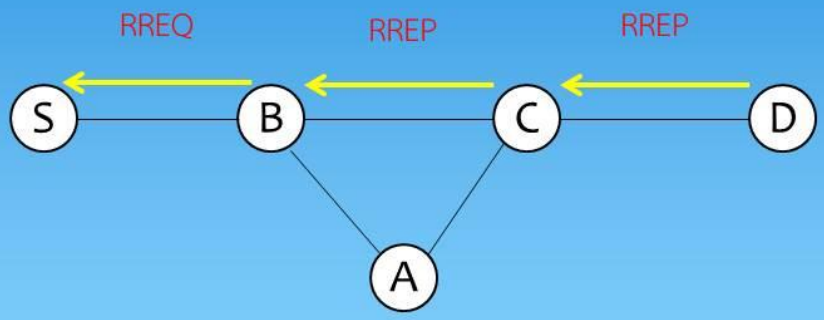


Unidirectional Link Problem in AODV Routing Protocol

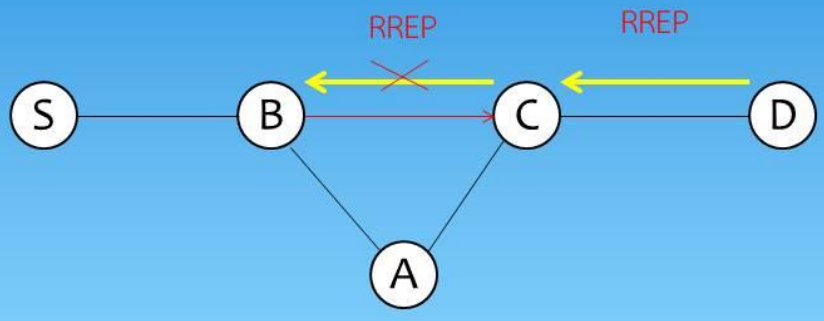


If RREQ A-> C matched the broadcast ID and source ID of first RREQ , it will drop

Unidirectional Link Problem in AODV Routing Protocol



Unidirectional Link Problem in AODV Routing Protocol



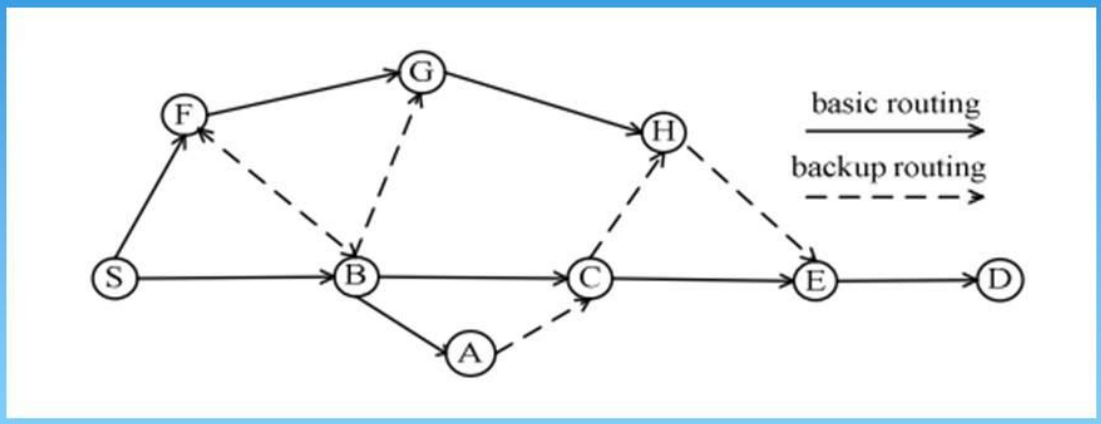
Solution

an improvement for AODV routing protocol to support operation over unidirectional links. The proposed mechanism is using the backup routing table and Backtrack Route Reply (BRREP) method to detect and avoid unidirectional links.

AODV-BP ROUTING PROTOCOL (A. Forward routing discovery)

The proposed idea is based on backup route table strategy. The backup route table benefits from forward route discovery phase and does not incur additional cost. When the node receive a first RREQ packet and find the basic route table is empty, it will record the reverse path in the basic route table. When the node receive a second RREQ packet and find the backup route table is empty, it will record the reverse path in the backup route table. Otherwise, it will not record any reverse path and discard the RREQ packet. In addition, all second RREQ packets are not forwarded to other nodes, this will reduce network congestion

AODV-BP ROUTING PROTOCOL (A. Forward routing discovery)



AODV-BP ROUTING PROTOCOL (B. Reverse routing discovery)

When the first RREQ is received by the destination node, it will create a RREP packet and unicast it to the next hop toward the originator of RREQ based on the basic routing table.

AODV-BP ROUTING PROTOCOL (B. Reverse routing discovery)

As an intermediate node, When receive a RREP message, a forward route for the destination is created if it does not already exist. It will search basic routing table for a route to forward the RREP to the next hop, and send ACK packet or re-acknowledgment (RACK) packet to the node who send the RREP. And it waits for ACK packet of the next hop. If the ACK is received it will remove the ACK timeout.

AODV-BP ROUTING PROTOCOL (B. Reverse routing discovery)

If the ACK is not received within the time defined by ACK_WAIT_TIME, the node caches the next hop to the source node as an unreachable node. Then it immediately inquire the backup routing table, if an entry is found, the recovered RREP will be send to the new next hop, and the recovered RREP packet should exactly be similar to the lost RREP packet, thus containing the same content (destination sequence number, route lifetime, etc.). The node also waits for RACK packet, If the RACK is received it will remove the RACK timeout. The backup path is selected.

AODV-BP ROUTING PROTOCOL (B. Reverse routing discovery)

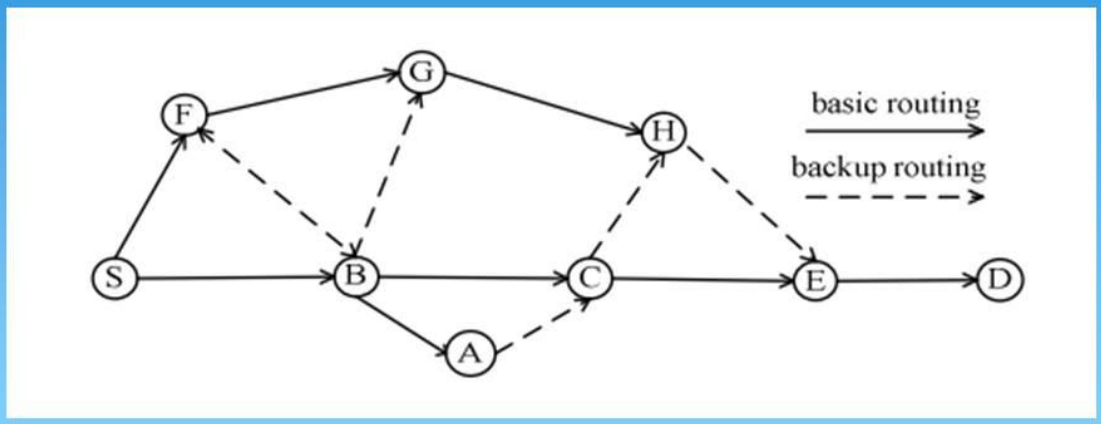
If the RACK is not received within the time defined by RACK_WAIT_TIME, the node consults forward routing table and if an entry is found, a new message called the "backtrack route reply" (BRREP) (see table I) to inform its upstream node to try other reverse paths. A BRREP is generated by an intermediate node when the backup route of that node failed in transmission.

AODV-BP ROUTING PROTOCOL (B. Reverse routing discovery)

TABLE I. THE FORMAT OF BRREP

Type	Hop Count
RREP Originator IP address	
RREP Destination IP address	
Destination Sequence Number	
Lifetime	

AODV-BP ROUTING PROTOCOL (B. Reverse routing discovery)



PERFORMANCE EVALUATION AND SIMULATION

1) **Packet deliver ratio**: ratio of the data packets delivered to the destination to those generated by the CBR sources;

2) **Average end-to-end delay of data packets:** the delay incurred by packets transmitted from source to destination, including; propagation and transmission delay;

3) **Normalized routing load:** the number of routing packets "transmitted" per data packet "delivered" at the destination. Each hop-wise transmission of a routing packet is counted as one transmission.

PERFORMANCE EVALUATION AND SIMULATION

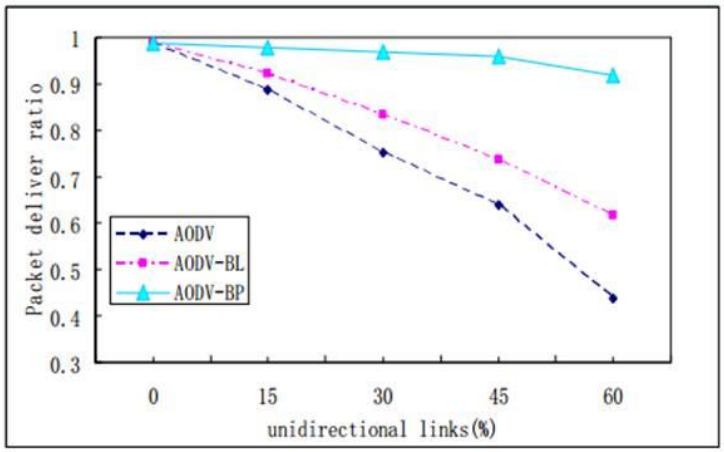


Figure 3. Packet deliver ratio with varying number of unidirectional links

PERFORMANCE EVALUATION AND SIMULATION

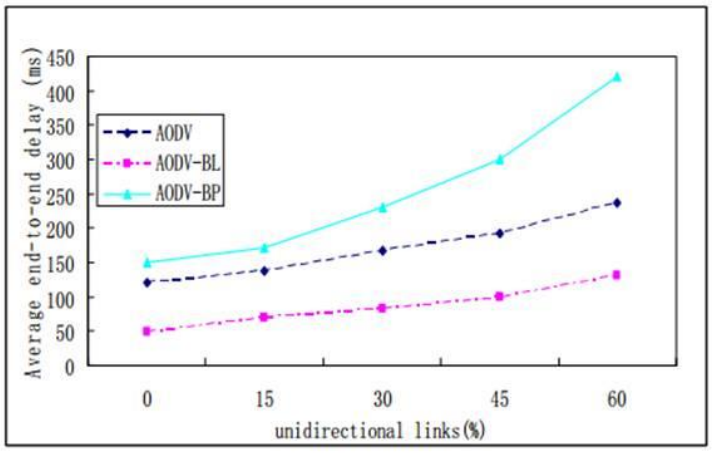


Figure 4. Average end-to-end delay with varying number of unidirectional links

PERFORMANCE EVALUATION AND SIMULATION

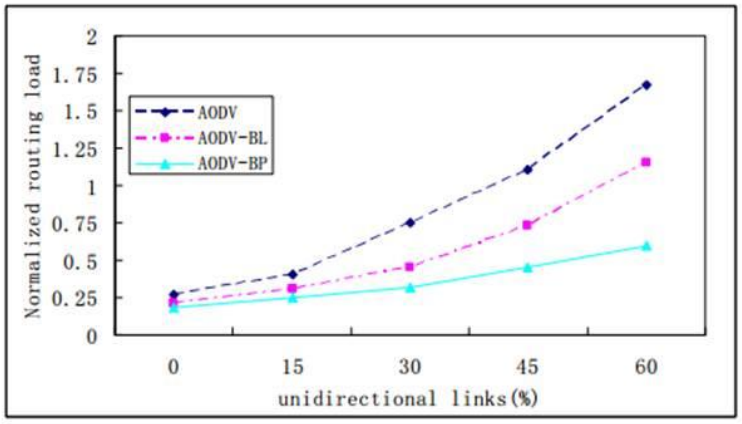


Figure 5. Normalized routing load with varying number of unidirectional links

Research Paper

Improvement for AODV based on Backup Path strategy

Weizhen Sun[1,a] Qinzhen Zhang[1,b]
[1] College of Information Engineering
Capital Normal University
Beijing, China 100048
[a] sunweizhen@mail.cnu.edu.cn
[b] zqzhen@csnet4.cs.tsinghua.edu.cn

Yong Xiang[2,c]
[2] Dept. of Computer Science and Technology
Tsinghua University
Beijing, China 100084
[c] xyong@mail.tsinghua.edu.cn

Abstract—Wireless links are often asymmetric due to the heterogeneity in transmission power of devices, the limitation of node energy, different antenna gain among nodes and non-uniform environmental noise. Nevertheless, most of the routing algorithms for ad hoc networks assume that all wireless links are bidirectional, such algorithms are not able to react to or exploit the full connectivity of the network. In this paper, an improvement for AODV based on Backup Path strategy (AODV-BP) is proposed, which computes routing path with backup routing table and Backtrack Route Reply mechanism when subjected to unidirectional links. Performance results using ns-2 simulations, under varying number of unidirectional links, show that AODV-BP performs well in scenarios where exist more unidirectional links when compared to basic AODV and AODV-Blacklist schemes.

Keywords-MANET; unidirectional links; routing algorithms; AODV

I. INTRODUCTION

Mobile ad hoc networks(MANET) is composed of a group of mobile nodes with wireless transmitters and receivers, which doesn't need the fixed communication network infrastructure and can be put into use quickly. When a node can not reach other node directly, it will use multi-hop communication. So the mobile nodes have to cooperate and act as both routers and hosts to forward packets for each other.

MANET is a heterogeneous network. Due to the heterogeneity in transmission power of devices, the limitation of node energy, different antenna gain among nodes and non-uniform environmental noise, unidirectional links exist in MANET. Nevertheless, the majority of the routing protocols proposed for MANET such as AODV, DSR, TORA, DSDV, etc. assume that all wireless links between nodes are bidirectional. So above-mentioned routing protocols are typically work well only in bidirectional networks.

In this paper, we present an improvement for AODV routing protocol to support operation over unidirectional links. The proposed mechanism is using the backup routing table and Backtrack Route Reply (BRREP) method to detect and avoid unidirectional links.

The remainder of the paper is organized as follows: In Section II discusses unidirectional link problem in AODV routing protocol. Section III related works are presented. The proposed protocol is presented in Section IV. Evaluation methodology and simulation results are presented in Section V. Finally, Section VI concludes this paper.

II. UNIDIRECTIONAL LINKS PROBLEM IN AODV ROUTING PROTOCOL

When the source node wants to communicate with an destination but don't have a route, it will initiate a route discovery by broadcast Route Request (RREQ) packet to the network, The RREQ packet contains information such as source node ID, hop-count towards source node, sequence number to identity the freshness of packet, packet lifetime and flags to compute the route station. RREQ packet is broadcast towards destination, each intermediate node receive RREQ packet will rebroadcast the first RREQ packet and record Broadcast ID and Source ID, if then receive another RREQ matched the Broadcast ID and Source ID of first RREQ packet, it will dropped. Also, each node maintains routing table, which records only the fresh information within the RREQ using sequence number and hop count as references,

If all links in the network are bidirectional, the routing path created between the source and the destination is the shortest hop with lowest delay. However, in the presence of unidirectional links, AODV routing protocol display sub-optimal network performance. For instance, in fig. 1, the node S will broadcast RREQ packet when it wants to setup a route path to node D, and then node B will rebroadcast RREQ packet when it receives RREQ packet. Node C and node A will receive the RREQ packet from node B. and then node A and node C will rebroadcast RREQ packet. C will drop the RREQ form node A after have received RREQ from node B first. Then a reverse route will be created from node C to node S and the next hop is node B.

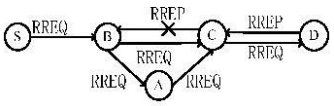


Figure 1. Unidirectional link problem in AODV routing protocol

When node D receives the first RREQ packet, it will create Route Reply (RREP) packet to unicast along the reverse path D->C->B->S. but if the link between B and C is unidirectional

978-1-61284-683-5/12/$31.00 ©2012 IEEE

link, node B will not receive RREP packet from node C, which will result in route discovery failure. Further attempts of RREQ broadcast by node S will likely to produce similar results, hence connection establishment between node S and node D is impossible.

III. Related Works

Although many routing protocols and algorithms have been proposed and implemented in the past, the majority assume networks with bidirectional links, however, unidirectional links may occur in wireless networks and some paper focuses on routing protocols that support unidirectional link.

AODV Blacklist mechanism [1] can detect and avoid unidirectional link, this scheme requires an acknowledgment (ACK) packet to be replied for every RREP packet received, and next route discovery another bidirectional links route path will be established. Young-Bae Ko [2] introduce a routing framework called Early Unidirectionality Detection and Avoidance (EUDA) that utilizes geographical distance and path loss between the nodes for fast detection of asymmetric and unidirectional routes. The proposed scheme is able to improved connectivity between nodes and provides reverse route forwarding for unidirectional links.

AODV-LSA routing protocol [3], a Link-State-Aware Ad Hoc on demand routing protocol based on AODV, suggests that unidirectional links can be detect using hello information exchange between the neighbor nodes. However, this process will reduce the connectivity of the network, and the frequent changes of network topology, Protocol efficiency will reduce. Neighbor Monitoring Mechanism (NMM) [4] makes use of monitoring by Co-operative Neighbor (CN) node to find the route to replace the un-reachable route (mostly caused by unidirectional links), this lets the unidirectional links useful, and doesn't need to send large Hello packets to maintain unidirectional links. But if the CN node does not exist the mechanism will not be able to play a role.

Reverse Ad hoc On Demand Distance Vector (R-AODV) [5] discover routes by using two ways independent flooding to find forward and reverse routes successively, this approach effectively avoids unidirectional links but results show that they incur high routing overheads. Megat Zuhairi proposed Dynamic Reverse Route AODV (DR-AODV)[6], which is similar to backlist mechanism to detect unidirectional link, and find another route path to unicast RREP packet to source node. This method is a compromise in the route replay unicast and broadcast, but didn't take into account the processing method when the current node has no way to source node.

Unidirectional Links Hop Mechanism ULHM [7] is using the number of hops between source node and intermediate node to detect and avoid unidirectional link in the route reply process. This mechanism restricts a certain amount of broadcast flooding. Low Overhead Routing Mechanism Based on Unidirectional Links for Ad Hoc Network (LORUL) [8] is similar to AODV-EUDA method to detect unidirectional link, one continuous unidirectional link is classified as a continuous unidirectional domain, in the route reply process if detect a continuous unidirectional domain, RREP packet will be flooded to the start of the unidirectional domain. In this way the destination node can be get an appropriate route to the source node.

In this paper, an improvement for AODV based on Backup Path strategy (AODV-BP) we present will be described in detail in the following subsection.

IV. AODV-BP Routing Protocol

As mentioned earlier, the current AODV protocol display sub-optimal network performance in the presence of unidirectional links, we propose a new scheme that computes an alternative path during forward routing discovery and reverse routing discovery. When encounter blocked reverse route, nodes may quickly recover lost RREP packets and redirect them along the alternative path.

A. Forward routing discovery

The proposed idea is based on backup route table strategy. The backup route table benefits from forward route discovery phase and does not incur additional cost. When the node receive a first RREQ packet and find the basic route table is empty, it will record the reverse path in the basic route table. When the node receive a second RREQ packet and find the backup route table is empty, it will record the reverse path in the backup route table. Otherwise, it will not record any reverse path and discard the RREQ packet. In addition, all second RREQ packets are not forwarded to other nodes, this will reduce network congestion. To illustrate this idea, consider the scenario in Fig. 2, after forward route discovery completion, each node will at least have one basic routing to source node S, some nodes will have one backup routing to source node S.

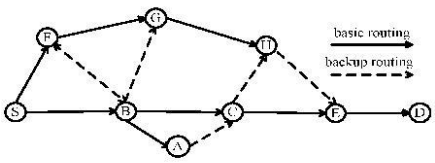


Figure 2. basic routing and backup routing

B. Reverse routing discovery

When the first RREQ is received by the destination node, it will create a RREP packet and unicast it to the next hop toward the originator of RREQ based on the basic routing table.

As an intermediate node, When receive a RREP message, a forward route for the destination is created if it does not already exist. It will search basic routing table for a route to forward the RREP to the next hop, and send ACK packet or re-acknowledgment (RACK) packet to the node who send the RREP. And it waits for ACK packet of the next hop. If the ACK is received it will remove the ACK timeout.

If the ACK is not received within the time defined by ACK_WAIT_TIME, the node caches the next hop to the source node as an unreachable node. Then it immediately inquire the backup routing table, if an entry is found, the recovered RREP will be send to the new next hop, and the

recovered RREP packet should exactly be similar to the lost RREP packet, thus containing the same content (destination sequence number, route lifetime, etc.). The node also waits for RACK packet, If the RACK is received it will remove the RACK timeout. The backup path is selected.

If the RACK is not received within the time defined by RACK_WAIT_TIME, the node consults farward routing table and if an entry is found, a new message called the "backtrack route reply" (BRREP) (see table I) to inform its upstream node to try other reverse paths. A BRREP is generated by an intermediate node when the backup route of that node failed in transmission.

TABLE I. THE FORMAT OF BRREP

Type	Hop Count
RREP Originator IP address	
RREP Destination IP address	
Destination Sequence Number	
Lifetime	

The hop count in BRREP is the number of hops from the BRREP source to the destination node. RREP Originator IP address in BRREP is the Originator IP address in RREP message, RREP Destination IP address in BRREP is the Destination IP address in RREP message. The Destination Sequence Number in BRREP is the destination sequence number associated to the route. Lifetime is the time for which nodes receiving the BRREP consider the route to be valid.

When the upstream node, who last sent a RREP to the BRREP source, receives a BRREP, it will take a similar action as first RREP failure: the node immediately inquires the backup routing table, if an entry is found, the recovered RREP which created according to the information in BRREP message will send to the new next hop, otherwise the node will send a new BRREP to its upstream until there is no upstream node.

To illustrate the algorithm, consider the scenario in Figure 2. If all link are bidirectional links .the destination node D unicast RREP packet to node E along the path D->E->C->B->S. if the link between B and C is unidirectional link, ACK is not received by node C within ACK_WAIT_TIME, node C will unicast RREP packet to node A along the path C->A->B->S based on backup routing. if the link between B and C and between A and C are unidirectional links, node C will send a BRREP to node E, node E receive the BRREP, it will unicast RREP packet to node H along E->H->G->F->S based on backup routing.

V. PERFORMANCE EVALUATION AND SIMULATION

In this section we evaluate the performance of the proposed scheme described in the previous subsection relative to basic AODV and AODV-BL under varying number of unidirectional links.

A. *Simulation Environment*

We use a detailed simulation model based on ns-2 [9]. The distributed coordination function (DCF) of IEEE 802.11 for wireless LANs is used as the MAC layer. Our simulation scenario consists of 30 mobile nodes randomly distributed over an area of 1000 m x 1000 m. Each node is assigned at random either a "full" or "reduced" transmission power level. At full power, a node's effective transmission range is 250 m. the reduced power level corresponds to a shorter transmission range (150 m). The mismatch in transmission power of nearby nodes serves as the sole source of unidirectional link in our simulations.

We use random waypoint model [10] to model node movements. Traffic pattern in our experiments consists of fixed number of CBR connections (20) between randomly chosen source-destination pairs and each connection starts at a random time at the beginning of the simulation and stays until the end. Each CBR source generates a constant size packet (512 bytes) at a rate of 1 packet per second.

The experiments are simulated for 500 second, each data point in the plots is an average of 10 runs with different randomly generated initial node positions and range assignments in each run.

B. *Performance Metrics*

We evaluate three key performance metrics:

1) Packet deliver ratio: ratio of the data packets delivered to the destination to those generated by the CBR sources;

2) Average end-to-end delay of data packets: the delay incurred by packets transmitted from source to destination, including; propagation and transmission delay;

3) Normalized routing load: the number of routing packets "transmitted" per data packet "delivered" at the destination. Each hop-wise transmission of a routing packet is counted as one transmission.

C. *Simulation Results*

We present a set of experiment which the networks static and the number of unidirectional links is varied.

Fig. 3 shows the packet delivery fraction of the three schemes with the different number of unidirectional links. With increase unidirectional links, basic AODV drops the highest number of packets, this is because the basic AODV protocol does not take notice of the unidirectional links and repeatedly performs route discoveries, after every route search failure, all packets buffered for the destination at the source are dropped; The drop in packet delivery is less drastic for AODV-BL compared to basic AODV. But it still drops as many as 40% of the packets because of its slowness in eliminating unidirectional links one by one. It still has a large number of route search failures; AODV-BP delivered almost all packets always. This shows that AODV-BP can effectively overcome unidirectional links by exploring multiple reverse paths.

Fig. 4 shows the Average end-to-end delay of the three schemes with the different number of unidirectional links. It is

observed that, the average delay of AODV and AODV-BL schemes remain lower than AODV-BP, it is because the AODV-BP scheme utilizes unidirectional links by compromising a slightly higher hop counts, therefore an improved overall routing performance can be achieved throughout the entire experiment. Especially, in the network scenarios with all links are set as bidirectional. The AODV-BP scheme also shows a small increase in end-to-end delay compared to AODV and AODV-BL. It is because ACK packets are lost during transmission due to packet collision, thus causing forward routes to be incorrectly interpreted as unidirectional. In addition, the absence of ACK packet invokes the backup route path strategy, which finds alternative routes through a longer path; hence a higher delay is incurred.

Fig. 5 presents the Normalized routing load of the three schemes with the different number of unidirectional links. AODV-BP has the lowest overhead followed by basic AODV and AODV-BL. low routing overhead in AODV-BP indicates that the higher per route discovery costs in AODV-BP due to more (BRREP and ACK) route replies and is very well offset by the significant reduction in route discoveries. When all links are set as bidirectional, The AODV-BP scheme shows almost similar to AODV and AODV-BL in Normalized routing load. This is because ACK packets are lost during transmission due to packet collision; thus causing attempts of RREQ broadcast by source of AODV and AODV-BL scheme offset more route replies of AODV-BP.

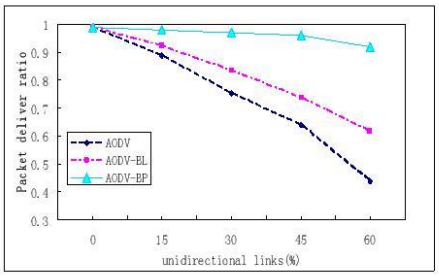


Figure 3. Packet deliver ratio with varying number of unidirectional links

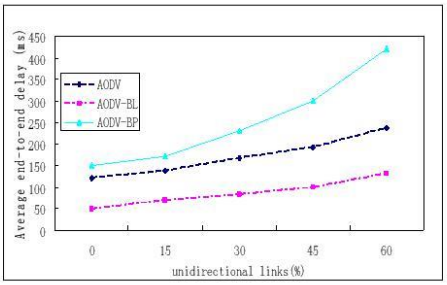


Figure 4. Average end-to-end delay with varying number of unidirectional links

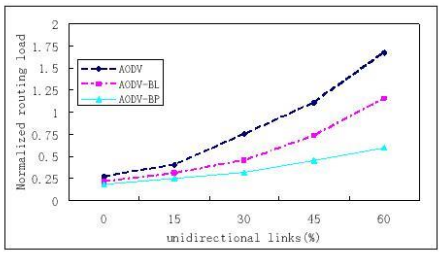


Figure 5. Normalized routing load with varying number of unidirectional links

VI. CONCLUSION

This paper presented an improvement for AODV based on Backup Path strategy (AODV-BP) to handle unidirectional links that arise frequently in MANET. Compare it against basic AODV and AODV-BL schemes, the result shows that with a higher number of unidirectional links, the scheme is able to reduce routing overhead and achieves higher packet delivery but with a slight increase in delay. The proposed scheme offers improvement for on demand routing protocol to operate in the presence of unidirectional links. Future plans include applying the scheme for connecting MANET to Internet with unidirectional links supported.

REFERENCES

[1] Charles. Perkins, Elizabeth. Belding Royer, and Samir Das, "Ad hoc on Demand Distance Vector (AODV) Routing", RFC 3561, July 2003.

[2] Young-Bae. Ko, Sung-Ju. Lee, and Jun-Beom Lee, "Ad hoc Routing with Early Unidirectionality Detection and Avoidance," Personal Wireless Communication,. LNCS, vol. 3260, pp. 132-144. 2004.

[3] Xinhao. Yu, Ouyang. Yu. "A Link-State-Aware Ad Hoc On-demand Distance Vector (AODV)Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks" International Conference on Communication Technology (I CCT'06). Gui Lin: IEEE Press, pp. 1-4, 2006.

[4] Zhenzhong. Wang, Jian-de. Lu, and Jia-jia. Tang, "Neighbor Monitoring Mechanism to Solve Unidirectional Link Problem in MANET," International Conference on Wireless and Mobile Communications (ICWMC' 07). Guadeloupe, French Caribbean: IEEE Press, pp. 72-75 , 2007.

[5] Chonggun. Kim, Elmurod. Talipov, and Byoungchul. Ahn, "A Reverse AODV Routing Protocol in Ad hoc Mobile Networks," Emerging Directions in Embedded and Ubiquitous Computing, 2006.

[6] Megat. Zuhairi and David Harle, "A Simulation Study on the Impact of Mobility Models on Routing Protocol Performance With Unidirectional Link Presence," International Conference on Information Networking (ICOIN), Barcelona, Spain: IEEE Press, pp. 335-340, 2011.

[7] Guang-wei. Guo, "Research on Ad Hoc Routing with Unidirectional Links," J. Modern Computer,pp. 63-65, 2008.

[8] Huan-zhao. Wang, Tao. Mei, Kai. JI, and Fan-zhi. Meng, "Low Overhead Routing Mechanism Based on Unidirectional Links for Ad Hoc Network," J. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, vol. 33, pp. 111-114. 2010.

[9] The Network Simulator–NS2[Online]. Avaliable: www.isi.edu/nsnam/ns.

[10] BonnMotion Mobility Scenario Tool. [Online]. Available: http://net.cs.uni-bonn.de/wg/cs/applications/bonnmotion/.