



Performance Analysis of Routing Protocols for Urban VANET Based on SUMO and NS2.35

Chitnavanh Phonekhamma^{1*}, Nino Chanthavong¹, Khamkone Sengaphai¹, Suphaivy Thippavong¹, and Wang Dong²

Department of Computer Science, Faculty of Science, National University of Lao, Lao PDR

^{1*}Correspondence:

Chitnavanh PHONEKHAMMA

*Department of Computer
Science, Faculty of Science,
National University of Lao*

Tel: +85620 5919 2996

Email:

c.phonekhamma@nuol.edu.la

² College of Computer Science
and Electronic Engineering,
Hunan University, Changsha,
410082, China

Article Info:

Submitted: Jul 18, 2022

Revised: Oct 24, 2022

Accepted: Nov 25, 2022

Abstract

To make the dream of intelligent transportation systems come true, the development of the autonomous cars is considered as a tremendous disruptive innovation in the coming years. Vehicular ad hoc networks (VANETs) are being used as a tool for improving road safety by alarming the drivers about accidents occurred ahead of them or for providing internet access via gateways along the road. Due to highly dynamic nature of nodes in VANETs, designing a routing protocol for VANET is quite challenging compared to other networks environment. Researchers have suggested several routing algorithms for VANETs. Few routing algorithms are based on topology based whereas others have considered position based etc. As no standard scheme is available for choosing a routing protocol in VANETs, this paper gives an insight on how to choose a routing protocol depends on varying condition of traffic such as number of nodes on the roads and maximum speed of nodes. The popular protocols of Topology Based Routings and Position Based Routing have been chosen for analysis on varying traffic environment. All the protocols have been critically tested for different metrics such as packet delivery ratio and average end-to-end delay during the simulation. Simulation is carried out with the help of SUMO traffic simulator and open-source simulation tools NS2.35 network simulator. Simulation result show that Position Based Routing is performing better at low average end-to-end delay than Topology Based Routings, but Position Based Routing has the lowest possible performance in packet delivery ratio than Topology Based Routings.

Keywords: *Topology Based Routings, Position Based Routing, NS-2.3, SUMO, VANET*

1. ຫຼັກການ ແລະ ເຫດຜົນ

ໃນປັດຈຸບັນບໍ່ສາມາດປະຕິເສດໄດ້ວ່າໃນການດຳລົງຊີວິດປະຈຳວັນຂອງມະນຸດເຮົາຕ້ອງໄດ້ອາໄສໃນ ການເດີນທາງ ແລະ ຍານພາຫະນະຖືວ່າເປັນປັດໃຈຫຼັກ ແລະ ຈຳນວນຍານພາຫະນະກໍເພີ່ມຫຼາຍຂຶ້ນເລື້ອຍໆ. ສະນັ້ນ Vehicular Ad hoc Network (VANET) (Phouthone, 2017) ຖືກອອກແບບມາເພື່ອໃຫ້ຍານພາຫະນະໃນທ່ອງທະພົນ ສາມາດສື່ສານກັນໄດ້ໂດຍນຳໃຊ້ເທັກໂນໂລຢີ ເຄືອຂ່າຍໄຮ້ສາຍຊຶ່ງເອີ້ນວ່າ Dedicated Short Range Communication (DSRC) (Jung, 2017) VANET ເປັນສ່ວນໜຶ່ງຂອງ Mobile Ad hoc Networks (MANETs) ແລະ ມີຈຸດປະສົງເພື່ອໃຫ້ຍານພາຫະນະບິນທ່ອງທະພົນສາມາດສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນເຊິ່ງກັນ ແລະ ກັນທັງຕອບສະໜອງໃຫ້ແກ່ລະບົບຄົມມະນາຄົມແບບທັນສະໄໝ (Intelligent Transportation System) ດ້ວຍການຕິດຕັ້ງລະບົບອຸປະກອນສື່ສານແບບໄຮ້ສາຍບິນພື້ນຖານເທັກໂນໂລຢີມາດຕະຖານ IEEE 802.11 (Institute of Electrical and Electronics Engineers: IEEE) ໄວ້ພາຍໃນຍານພາຫະນະແຕ່ລະຄັນທີ່ຮຽກວ່າໂນດຍານພາຫະນະ. ໃນແຕ່ລະໂນດຍານພາຫະນະເຄືອຂ່າຍ VANETs ຈະເປັນທັງໂນດຕົ້ນທາງ, ໂນດສິ່ງຜ່ານ ຫຼື ໂນດປາຍທາງທີ່ແລ່ນດ້ວຍຄວາມໄວໃນທ່ອງທະພົນ (Milatani, 2021) ຢ່າງໃດກໍຕາມເຄືອຂ່າຍ VANETs ມັກຈະເຮັດໃຫ້ທີ່ຕັ້ງຂອງໂນດມີການປ່ຽນແປງ, ໂຄງສ້າງເຄືອຂ່າຍ ມີການຜັນປ່ຽນຕະຫຼອດເວລາ. ຈາກສາເຫດດັ່ງກ່າວນີ້ພາໃຫ້ເກີດສັນຍານໃນການເຊື່ອມຕໍ່ຂາດຫາຍ, ມີຄວາມຊັກຊ້າ ແລະ ພາໃຫ້ມີການສູນເສຍປະລິມານຂໍ້ມູນ. ສິ່ງດັ່ງກ່າວນີ້ກາຍເປັນປັດໄຈທີ່ມີອິດທິພົນໂດຍກົງຕໍ່ຄວາມສາມາດຂອງຊ່ອງສື່ສານໃນການສົ່ງຂໍ້ມູນໃນເຄືອຂ່າຍ VANET. ນັກຄົ້ນຄ້ວາພະຍາຍາມອອກແບບຊ່ອງສື່ສານຫຼາຍປະເພດມາທົດລອງກັບລະບົບເຄືອຂ່າຍຍານພາຫະນະເຊັ່ນ: ຊ່ອງສື່ສານແບບ Topology Based Routings ແລະ ແບບ Position Based Routing (Pandey, 2015) ຊຶ່ງສະແດງດັ່ງຮູບທີ 1, ແຕ່ຊ່ອງສັນຍານດັ່ງກ່າວນີ້ຍັງບໍ່ສາມາດຕອບສະໜອງ ແລະ ແທດເໝາະກັບລະບົບເຄືອຂ່າຍ VANET ເທົ່າທີ່ຄວນ. ຊ່ອງສັນຍານສຳລັບເຄືອຂ່າຍຍານພາຫະນະ (VANET Routing Protocols) ໄດ້ແບ່ງອອກເປັນ 2 ປະເພດຄື: Topology Based Routings

ແລະ Position Based Routing. ໃນນັ້ນ Topology Based Routings ຈະປະກອບດ້ວຍຊ່ອງສັນຍານທີ່ເອີ້ນວ່າ Ad Hoc On-Demand Distance-Vector (AODV) ແລະ Destination Sequenced Distance Vector (DSDV). ສ່ວນ Greedy Perimeter Stateless Routing (GPSR) ຈັດຢູ່ໃນປະເພດຂອງ Position Based Routing. ບັນດານັກຄົ້ນຄ້ວາໄດ້ໃຫ້ຄວາມສົນໃຈສຶກສາຊ່ອງສັນຍານສຳລັບເຄືອຂ່າຍຍານພາຫະນະເຊັ່ນ: (Chen, 2020) ສຶກສາ GPSR for unmanned aerial vehicle ad-hoc networks. (Pandey, 2015) ໄດ້ຈຳລອງການເຮັດວຽກຂອງຊ່ອງທາງສື່ສານ TQNGPSR ປຽບທຽບກັບການເຮັດວຽກ ຊ່ອງສື່ສານຂອງ AODV, OLSR, GPSR ແລະ QNGPSR. (Shajin, 2020) ຄຳນວນຫາຄ່າຄວາມໜ້າເຊື່ອຖືຂອງແຕ່ລະໂຫດ ແລະ ກຳນົດຊ່ອງສື່ສານທີ່ມີຄວາມປອດໄພໃນການສົ່ງຂໍ້ມູນລະຫວ່າງຜູ້ຮັບກັບຜູ້ສົ່ງ. (Lai, 2015) ໄດ້ນຳສະເໜີລະບົບຂໍ້ມູນເສັ້ນທາງ machine learning-assisted route selection(MARS) ໂດຍນຳໃຊ້ RSUs ແລະ machine learning ເພື່ອຮັກສາຂໍ້ມູນກ່ຽວກັບ. (Mahmoud, 2020). ນຳສະເໜີ protocol ໃນການກຳນົດຊ່ອງທາງການເຊື່ອມຕໍ່ລະຫວ່າງໂຫດໃນແບບ Greedy ສຳລັບເຄືອຂ່າຍ Vehicular Networks, VanetMobisim ຖືກນຳໃຊ້ໃນການຈຳລອງເຫດການການສັນຈອນຂອງຍານພາຫະນະ. (Perkins, 1994) ໄດ້ສະເໜີ AODV ສຳລັບການນຳໃຊ້ໃນລະບົບເຄືອຂ່າຍຂອງໂນດໂທລະສັບມືຖື. ວິທີການຂອງ AODV ແມ່ນຈະປະກາດຂໍ້ຄວາມຮ້ອງຂໍ Route request message (RREQ) ໄປຫາທຸກໆໂນດອ້ອມຂ້າງ, ຖ້າຫາກໂນດອ້ອມຂ້າງໃດມີເສັ້ນທາງທີ່ຍັງຫວ່າງກໍຈະສົ່ງຂໍ້ຄວາມຕອບ ກັບ route reply message (RREP). ຖ້າບໍ່ດັ່ງນັ້ນໂນດອ້ອມຂ້າງກໍຈະສົ່ງຜ່ານຂໍ້ຄວາມຮ້ອງຂໍໄປຍັງໂນດອ້ອມຂ້າງຕໍ່ໄປ. ຂະບວນການນີ້ຈະສືບຕໍ່ເນື່ອງໄປເລື້ອຍໆຈົນກ່ວາຂໍ້ຄວາມຮ້ອງຂໍເຖິງໂນດປາຍທາງ. DSDV ຊຶ່ງເປັນຂັ້ນຕອນວິທີໃນການສົ່ງສັນຍານໜຶ່ງທີ່ນິຍົມໃຊ້ທົດລອງໃນເຄືອຂ່າຍຍານພາຫະນະ VANETs. ແຕ່ລະໂນດຈະມີຕາຕະລາງສາຍທາງຊຶ່ງປະກອບດ້ວຍຂໍ້ມູນທີ່ຕັ້ງຂອງໂນດປາຍທາງ ແລະ ຈຳນວນຂົວຕໍ່ສັນຍານ (hop count) ເຖິງໂນດປາຍທາງ. ຂໍ້ມູນໃນຕາຕະລາງສາຍທາງຈະຖືກເກັບໝາຍ

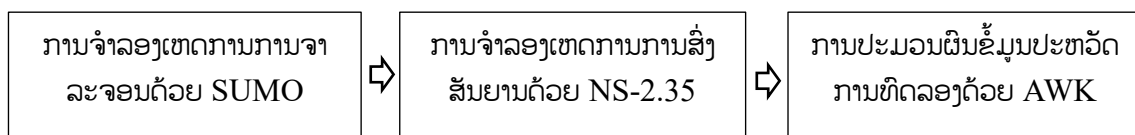
ເລກລຳດັບ (sequence number) ໄວ້ໂດຍໂນດປາຍທາງ. ໝາຍເລກລຳດັບຈະຊ່ວຍຫຼີກລຽງບັນຫາການວິນຊ້າສາຍທາງ (routing loop). ເພື່ອປັບປຸງຂໍ້ມູນໃນຕາຕະລາງສາຍທາງຂອງແຕ່ລະໂນດໃຫ້ທັນ ແລະ ເໝາະສົມ, DSDV ໄດ້ນຳໃຊ້ເຕັກນິກທີ່ເອີ້ນວ່າ: ນ້ຳຖ້ວມ (Flooding). ໃນນີ້ສາຍທາງໃດຫາກມີໝາຍເລກລຳດັບສູງ ຈະຖືກໃຊ້ເພື່ອສົ່ງຂໍ້ມູນລະຫວ່າງຄູ່ໂນດຕົ້ນທາງຫາໂນດປາຍທາງ, ໃນກໍລະນີໝາຍເລກລຳດັບຂອງສາຍທາງໃດຫາກເທົ່າກັນ ແມ່ນຈະເລືອກສາຍທາງທີ່ມີໄລຍະທາງສັ້ນສຸດເພື່ອສົ່ງຂໍ້ມູນ. ຊ່ອງສື່ສານ GPSR (Karp, 2000), ໂນດແຕ່ຕົວໃນລະບົບເຄື່ອນຍ້າຍຈະປະກອບມີຕາຕະລາງຂໍ້ມູນຂອງໂນດອ້ອມຂ້າງເຊັ່ນ: ລະຫັດ, ທີ່ຕັ້ງເປັນຕົ້ນ. ຂໍ້ມູນເຫຼົ່ານີ້ຈະຖືກເອີ້ນໃຊ້ໃນເຕັກນິກການເລືອກໂນດສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນທີ່ເອີ້ນວ່າ: greedy forwarding and perimeter forwarding. ໃນກຸ່ມໂນດອ້ອມຂ້າງໃນວົງຂອບເຂດສັນຍານ, ໂນດຕົ້ນທາງຈະເລືອກໂນດທີ່ມີທີ່ຕັ້ງໃກ້ກັບໂນດປາຍທາງທີ່ສຸດເປັນໂນດສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນ, ຂະບວນການເລືອກໂນດສົ່ງຜ່ານນີ້ເອີ້ນວ່າ greedy forwarding mode. ຫາກບໍ່ມີໂນດອ້ອມຂ້າງໃດໆໃນວົງຂອບເຂດສັນຍານທີ່ມີທີ່ຕັ້ງໃກ້ກັບໂນດປາຍທາງນອກຈາກໂນດຕົ້ນທາງເອງ, GPSR ຈະປ່ຽນຂະບວນການເລືອກໂນດສົ່ງຜ່ານຊຶ່ງເອີ້ນວ່າ perimeter forwarding mode, ໃນທີ່ສຸດຖ້າຂະບວນການເລືອກ

ໂນດສົ່ງຜ່ານຫາກຖືກຫຼົ້ມເຫຼວທັງໝົດ, ຂໍ້ມູນກໍ່ຈະຖືກ ລຶບລ້າງກາຍເປັນຂໍ້ທີ່ສູນເສຍ.

ຈຸດປະສົງຂອງບົດຄົ້ນຄ້ວານີ້ແມ່ນສຶກສາ ແລະ ສົມທຽບປະສິດທິພາບຂອງຊ່ອງສື່ສານໃນເຄື່ອນຍ້າຍ ຍານພາຫະ ນະເຊັ່ນ: ຊ່ອງສື່ສານປະເພດ Topology Based Routings ແລະ Position Based Routing ດ້ວຍເຕັກໂນໂລຊີທີ່ເອີ້ນວ່າ SUMO ແລະ NS2.35 ທີ່ໃຊ້ເພື່ອຕິດຕັ້ງຈຳລອງລະບົບເຄື່ອນຍ້າຍຍານພາຫະນະໃຫ້ສົມຈິງເຂົ້າໃນການທົດລອງ. ການສຶກສາຜົນການທົດລອງແມ່ນຄຳນຶງເຖິງບັນຫາທີ່ທ້າທາຍເຊັ່ນ: ອັດຕາສ່ວນໃນການເຜີຍແຜ່ຂໍ້ມູນ ແລະ ການເລືອກເຕັກໂນໂລຊີທີ່ມີປະສິດທິພາບໃຫ້ແທດເໝາະກັບເຄື່ອນຍ້າຍມາດຕະຖານໃຫ້ແກ່ຊອບແວນຳໃຊ້ (Application Software) ແລະ ຕອບສະໜອງກັບສະພາບແວດລ້ອມ.

2. ວິທີການສຶກສາປະສິດທິພາບຂອງຊ່ອງສື່ສານ

ວິທີການສຶກສາປະສິດທິພາບຂອງຊ່ອງສື່ສານແມ່ນການຈຳລອງເຫດການການທົດລອງເພື່ອໃຫ້ສະເໝືອນຈິງໂດຍໄດ້ແບ່ງອອກເປັນ 3 ຂັ້ນຕອນຄື: ຂັ້ນຕອນການຈຳລອງເຫດການການຈາລະຈອນ, ຂັ້ນຕອນການຈຳລອງເຫດການການສົ່ງສັນຍານຂອງໂນດຍານພາຫະນະ ແລະ ຂັ້ນຕອນການປະມວນຜົນຂໍ້ມູນປະຫວັດການທົດລອງ, ຊຶ່ງໄດ້ສະແດງແຜນຜັງຂອງວິທີການສຶກສາດັ່ງຮູບພາບທີ 1.



ຮູບພາບທີ 1: ວິທີການສຶກສາປະສິດທິພາບຂອງຊ່ອງສື່ສານ

ຈາກຮູບພາບທີ 1 ເຫັນວ່າວິທີການສຶກສາປະສິດທິພາບຂອງຊ່ອງສື່ສານຈະເລີ່ມດ້ວຍຂັ້ນຕອນການຈຳລອງເຫດການການຈາລະຈອນໂດຍນຳໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີ SUMO. ຫຼັງຈາກນັ້ນຈຶ່ງນຳເອົາຂໍ້ມູນປະຫວັດເຫດການການຈາລະຈອນມາຈຳລອງເຫດການການສົ່ງສັນຍານດ້ວຍເຕັກໂນໂລຊີ NS-2.35. ສຸດທ້າຍຈຶ່ງ ໄດ້ທຳການປະມວນຜົນຂໍ້ມູນປະຫວັດການທົດລອງເຫດການການສົ່ງສັນຍານດ້ວຍເຕັກໂນໂລຊີ AWK.

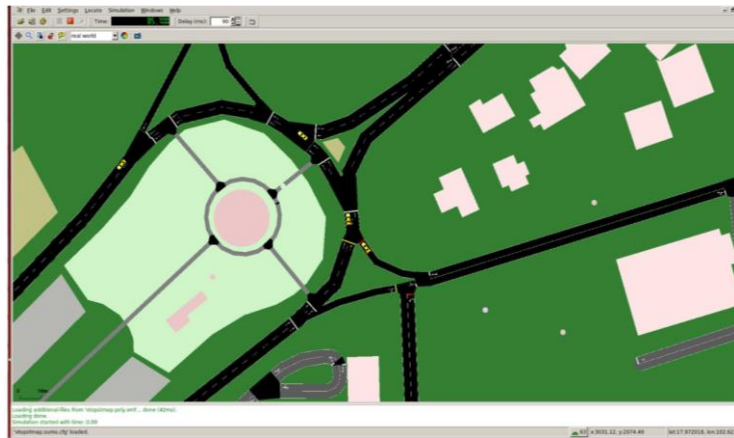
2.1 ການຈຳລອງເຫດການການຈາລະຈອນ

ການຈຳລອງເຫດການການຈາລະຈອນເພື່ອການທົດລອງແມ່ນປະກອບດ້ວຍການຈຳລອງພື້ນທີ່ການຈາລະຈອນ ແລະ ການຈຳລອງການເຄື່ອນທີ່ຂອງໂນດຍານພາຫະນະ, ຊຶ່ງສະແດງຕົວຢ່າງພາບຈຳລອງດັ່ງຮູບພາບທີ 2 ແລະ 3.



ຮູບພາບທີ 2: ແຜນຈຳລອງພື້ນທີ່ການຈາລະຈອນດ້ວຍເຕັກໂນໂລຊີ SUMO

ຈາກຮູບພາບທີ 2 ເຫັນວ່າແຜນຈຳລອງພື້ນທີ່ການຈາລະຈອນເພື່ອການທົດລອງແມ່ນໄດ້ກຳນົດຂອບ ເຂດບໍລິເວນປະຕູໄຊຂອງເມືອງຈັນທະບູລີ, ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນດ້ວຍເນື້ອທີ່ 1000 m².



ຮູບພາບທີ 3: ແຜນຈຳລອງການເຄື່ອນທີ່ຂອງໂນດຍານພາຫະນະດ້ວຍເຕັກໂນໂລຊີ SUMO

ຈາກຮູບພາບທີ 3 ເຫັນວ່າໂນດຍານພາຫະນະຈຳນວນ 50 ໂນດ ຫາ 110 ໂນດຖືກກຳນົດດ້ວຍການແຈກຢາຍແບບບັງເອີນໃນແຕ່ລະເສັ້ນທາງ. ເມື່ອເລີ່ມມີການທົດລອງໂນດຍານພາຫະນະແຕ່ລະຄັນຈະແລ່ນ ດ້ວຍຄວາມໄວ 10 m/s ຫາ 25 m/s. ພາຍຫຼັງສິ້ນສຸດການທົດລອງດ້ວຍການຈຳລອງເຫດການການຈາລະຈອນ ຈະໄດ້ຊຸດຂໍ້ມູນປະຫວັດເຫດການການຈຳລະຈອນເຊັ່ນ: ນຳເບີໂນດ, ເວລາເລີ່ມເຄື່ອນທີ່, ທີ່ຕັ້ງ ແລະ ຄວາມໄວ ຂອງການເຄື່ອນທີ່ເປັນຕົ້ນ.

(Window Size) ສຳລັບ Position Based Routing ແມ່ນຢູ່ໃນ 10 ວິນາທີ, ຊຶ່ງລາຍລະອຽດສະແດງໃນຕາຕະລາງທີ 1.

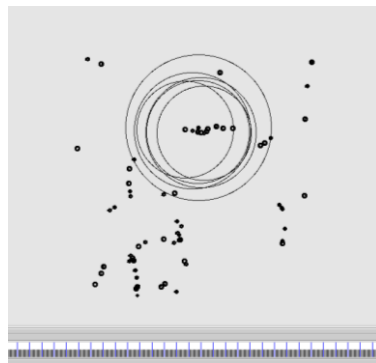
2.2 ການຈຳລອງເຫດການການສົ່ງສັນຍານ

ການຈຳລອງເຫດການການສົ່ງສັນຍານເພື່ອການທົດລອງແມ່ນກຳນົດໃຫ້ໂນດຕົ້ນທາງຕ້ອງສົ່ງຂໍ້ມູນ (Packets) ດ້ວຍອັດຕາ 1 Mbps ແລະ ຂະໜາດຂອງແຕ່ລະຊຸດຂໍ້ມູນແມ່ນ 512 bytes. ສ່ວນຂອບເຂດ ສັນຍານຂອງແຕ່ລະໂນດຍານພາຫະນະແມ່ນກຳນົດໃຫ້ 250 ແມັດເທົ່າກັນ. ການຕັ້ງຄ່າໃຫ້ hello interval ທີ່ມີຮູບແບບສະຫຼັບ

ຕາຕະລາງທີ 1: ການຕັ້ງຄ່າຕົວປ່ຽນເພື່ອການທົດລອງ

ຕົວປ່ຽນ	ຄ່າຂອງຕົວປ່ຽນ
ເນື້ອທີ່ການທົດລອງ	1000 m ²
ຈຳນວນໂນດພາຫະນະ	50, 70, 90, 110
ຄວາມໄວການເຄື່ອນທີ່ສູງສຸດຂອງໂນດພາຫະນະ	10 to 25 m/s
ປະລິມານຂອງຊຸດຂໍ້ມູນ (Data packet)	512 Bytes
ຄວາມກວ້າງຂອງສັນຍານ (Transmission range)	250 m
ເວລາການທົດລອງ (Simulation time)	250 s

ການທົດລອງການຈຳລອງເຫດການການສົ່ງສັນຍານແມ່ນໄດ້ນຳໃຊ້ຊຸດຂໍ້ມູນປະຫວັດເຫດການການຈາລະຈອນມາທົດລອງ ໂດຍກຳນົດໃຫ້ໂນດຍານພາຫະນະໃນເຫດການການຈາລະຈອນເປັນຕົ້ນ ທາງໂດຍບັງເອີນ ເພື່ອສົ່ງຂໍ້ມູນໃຫ້ໂນດປາຍທາງ ໂດຍຜ່ານ ຫຼືບໍ່ຜ່ານໂນດກາງ (ໂນດສົ່ງຜ່ານ), ຊຶ່ງສະແດງດັ່ງຮູບພາບທີ 4.



ຮູບພາບທີ 4: ການຈຳລອງເຫດການການສົ່ງສັນຍານດ້ວຍເຕັກໂນໂລຊີ NS-2.35

ຈາກຮູບພາບທີ 4 ເຫັນວ່າເຄື່ອນຍ້າຍຍານພາຫະນະ ຖືກຈຳລອງດ້ວຍເຕັກໂນໂລຊີ NS-2.35, ໃນນີ້ໂນດ ຍານພາຫະນະຖືກແທນດ້ວຍເມັດ. ເມື່ອມີການສົ່ງ-ຜ່ານ- ຮັບສັນຍານ ຈະສະແດງດ້ວຍຂອບເຂດສັນຍານ ວົງມົນ. ພາຍຫຼັງສິ້ນສຸດການທົດລອງດ້ວຍການຈຳລອງເຫດການ ການສົ່ງສັນຍານຈະໄດ້ຊຸດຂໍ້ມູນ ປະຫວັດ ເຫດການ ການ ສົ່ງສັນຍານເຊັ່ນ: ນຳເບີໂນດຕົ້ນທາງ, ເວລາເລີ່ມສົ່ງສັນຍານ , ນຳເບີໂນດປາຍທາງ, ເວລາຮັບສັນ ຍານ ແລະ ປະລິມານ ຂໍ້ມູນ (Packets) ທີ່ຖືກຮັບດ້ວຍຜົນສຳເລັດເປັນຕົ້ນ.

2.3 ການປະມວນຜົນຂໍ້ມູນປະຫວັດການທົດ ລອງ

ການປະມວນຜົນຂໍ້ມູນປະຫວັດການທົດລອງແມ່ນ ການປະມວນຜົນຂໍ້ມູນຂອງເຫດການການສົ່ງສັນຍານ ວ່າການສົ່ງສັນຍານປະສິບຜົນສຳເລັດ ຫຼື ປະສິບບັນຫາ ລະຫວ່າງຂະບວນການສົ່ງ, ຊຶ່ງມີຜົນຕໍ່ປະສິດທິພາບຂອງ ຊ່ອງສື່ສານທີ່ນຳມາໃຊ້ໃນການທົດລອງ. ຂັ້ນຕອນນີ້ແມ່ນ

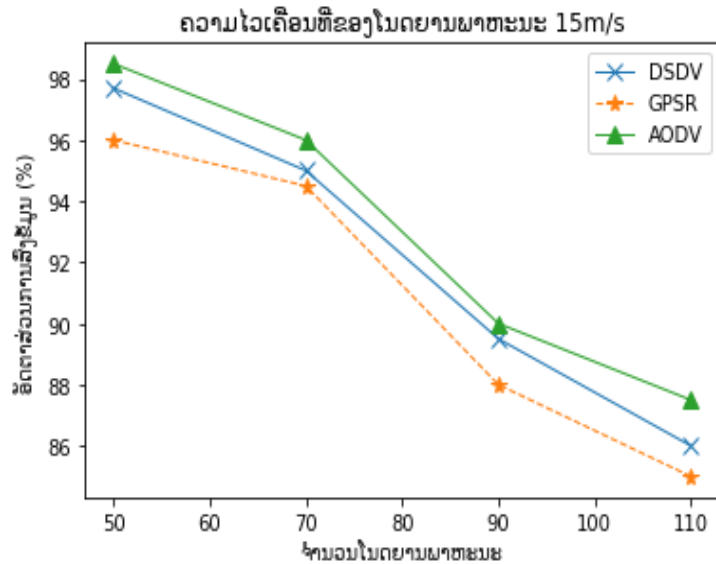
ໄດ້ນຳໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີທີ່ເອີ້ນວ່າ AWK Script ເພື່ອການ ສະຫຼຸບຜົນການທົດລອງດ້ວຍການລາຍງານປະສິດທິພາບ ຂອງຊ່ອງສື່ສານທາງດ້ານເວລາ ຫຼື ຄວາມຫຼ້າ ຊ້າຂອງການ ສົ່ງແຕ່ຕົ້ນທາງຫາປາຍທາງ ແລະ ອັດຕາສ່ວນຂໍ້ມູນທີ່ສົ່ງ ຜ່ານສຳເລັດເປັນຕົ້ນ.

3. ຜົນການວິເຄາະປະສິດທິພາບຂອງຊ່ອງ ສື່ສານ

ພາຍຫຼັງສຳເລັດວິທີການສຶກສາປະສິດທິພາບຂອງ ຊ່ອງສື່ສານດ້ວຍການຈຳລອງເຫດການ ແລະ ການປະມວນ ຜົນຂໍ້ມູນປະຫວັດການທົດລອງ, ຈະໄດ້ຜົນການທົດລອງ ດັ່ງນີ້.

3.1 ປະສິດທິພາບທາງດ້ານອັດຕາສ່ວນການສົ່ງ ຂໍ້ມູນ

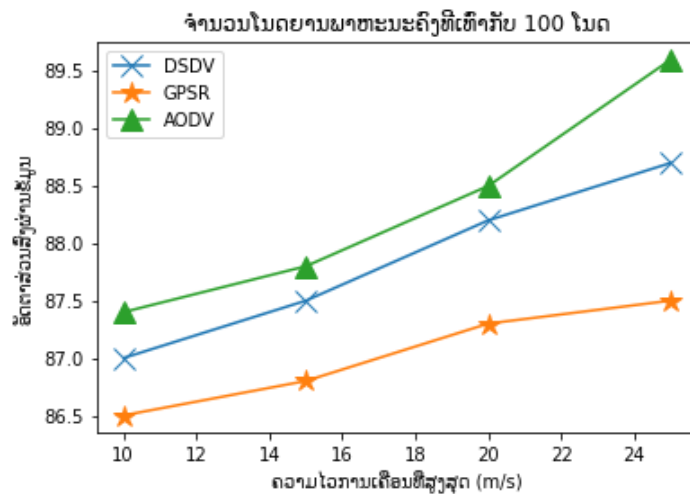
ປະສິດທິພາບຂອງຊ່ອງສື່ສານທາງດ້ານອັດຕາສ່ວນ ການສົ່ງຂໍ້ມູນໄດ້ສະແດງດັ່ງຮູບພາບທີ 5 ແລະ 6 ດັ່ງນີ້.



ຮູບພາບທີ 5: ປະສິດທິພາບຂອງຊ່ອງສື່ສານທາງດ້ານອັດຕາສ່ວນການສົ່ງຂໍ້ມູນຕໍ່ຈຳນວນໂນດຍານພາຫະນະ

ຈາກຮູບພາບທີ 5 ເຫັນວ່າປະສິດທິພາບຂອງຊ່ອງສື່ສານທາງດ້ານອັດຕາສ່ວນການສົ່ງຂໍ້ມູນ ມີຄ່ານ້ອຍລົງໃນຂະນະທີ່ຈຳນວນໂນດຍານພາຫະນະໃນທ່ອງຖະໜົນເພີ່ມຂຶ້ນ. ຢ່າງໃດກໍຕາມ, ປະສິດທິພາບຂອງຊ່ອງສື່ສານປະເພດ Topology Based Routings ແມ່ນມີອັດຕາສ່ວນການ

ສົ່ງຂໍ້ມູນດີກວ່າຊ່ອງສື່ສານປະເພດ Position Based Routing. ເມື່ອຈຳນວນຍານພາຫະນະເພີ່ມສູງເຖິງ 110 ເຮັດໃຫ້ຄ່າອັດຕາສ່ວນ ການສົ່ງຂໍ້ມູນຂອງຊ່ອງສື່ສານ AODV, DSDV ແລະ GPSR ມີຄ່າຕໍ່ສຸດເຖິງ 88.2%, 87.3 % ແລະ 82.8 % ຕາມລຳດັບ.



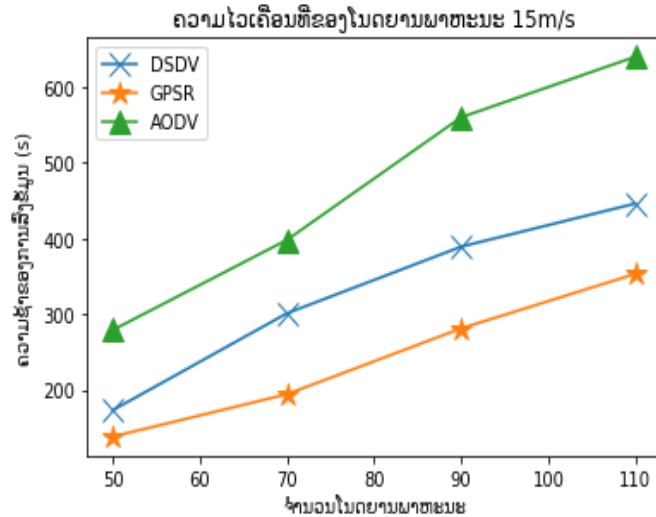
ຮູບພາບທີ 6: ປະສິດທິພາບຂອງຊ່ອງສື່ສານທາງດ້ານອັດຕາສ່ວນການສົ່ງຂໍ້ມູນຕໍ່ຄວາມໄວການເຄື່ອນທີ່ຂອງໂນດຍານພາຫະນະ

ຈາກຮູບພາບທີ 6 ເຫັນວ່າປະສິດທິພາບຂອງຊ່ອງສື່ສານທາງດ້ານອັດຕາສ່ວນການສົ່ງຂໍ້ມູນມີຄ່າເພີ່ມຂຶ້ນ ໃນຂະນະທີ່ຄວາມໄວການເຄື່ອນທີ່ຂອງໂນດຍານພາຫະນະໃນທ່ອງຖະໜົນເພີ່ມຂຶ້ນ. ຢ່າງໃດກໍຕາມ, ປະສິດທິພາບຂອງຊ່ອງສື່ສານປະເພດ Topology Based Routings ແມ່ນມີອັດຕາສ່ວນການສົ່ງຂໍ້ມູນດີກວ່າຊ່ອງສື່ສານປະເພດ Position Based Routing. ເມື່ອຄວາມໄວການເຄື່ອນທີ່

ຂອງໂນດຍານພາຫະນະເພີ່ມສູງເຖິງ 25 m/s ເຮັດໃຫ້ຄ່າອັດຕາສ່ວນການສົ່ງຂໍ້ມູນຂອງຊ່ອງສື່ສານ AODV, DSDV ແລະ GPSR ມີຄ່າສູງເຖິງ 89.6%, 88.7% ແລະ 87.5% ຕາມລຳດັບ.

3.2 ປະສິດທິພາບທາງດ້ານຄວາມຊັກຊ້າໃນການສົ່ງຂໍ້ມູນ

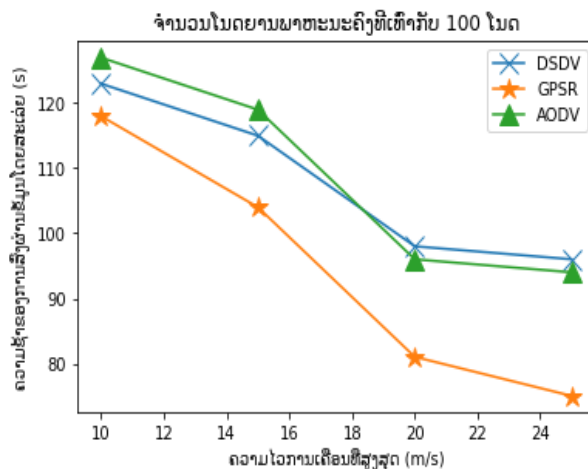
ປະສິດຕິພາບຂອງຊ່ອງສື່ສານທາງດ້ານຄວາມຊັກຊ້າ ໃນການສົ່ງຂໍ້ມູນໄດ້ດັ່ງຮູບພາບທີ 7 ແລະ 8 ດັ່ງນີ້



ຮູບພາບທີ 7: ປະສິດຕິພາບຂອງຊ່ອງສື່ສານທາງດ້ານຄວາມຊັກຊ້າໃນການສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນຕໍ່ຈຳນວນໂມດຍານພາຫະນະ

ຈາກຮູບພາບທີ 7 ສະແດງໃຫ້ເຫັນແນວໂນ້ມຂອງ ຄວາມຊັກຊ້າໃນການສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນ. ເມື່ອຈຳນວນຂອງໂມດ ພາຫະນະເພີ່ມຂຶ້ນ, ຄວາມຊັກຊ້າຂອງການສົ່ງຂໍ້ມູນກໍ່ເພີ່ມ ຂຶ້ນ. ໃນທາງກົງກັນຂ້າມກັນ ປະສິດຕິພາບຂອງຊ່ອງສື່ສານ ປະເພດ Topology Based Routings ແມ່ນມີຄວາມຊັກ ຊ້າໃນການສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນຫຼາຍກ່ວາຊ່ອງສື່ສານປະເພດ

Position Based Routing ທຽບກັບປະສິດຕິພາບທາງ ດ້ານອັດຕາສ່ວນການສົ່ງຂໍ້ມູນ. ເມື່ອປະລິມານຂອງໂມດ ຍານພາຫະນະເພີ່ມສູງເຖິງ 110 ເຮັດໃຫ້ຄວາມຊັກຊ້າໃນ ການສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນຂອງຊ່ອງສື່ສານ AODV, DSDV ແລະ GPSR ມີຄ່າສູງເຖິງ 640, 446 ແລະ 353 ວິນາທີ, ຕາມ ລຳດັບ.



ຮູບພາບທີ 8: ປະສິດຕິພາບຂອງຊ່ອງສື່ສານທາງດ້ານຄວາມຊັກຊ້າໃນການສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນຕໍ່ຄວາມໄວການເຄື່ອນທີ່ ຂອງໂມດຍານພາຫະນະ

ຈາກຮູບພາບທີ 8 ເຫັນວ່າປະສິດຕິພາບຂອງຊ່ອງ ສື່ສານທາງດ້ານຄວາມຊັກຊ້າໃນການສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນມີຄ່າ ນ້ອຍລົງໃນຂະນະທີ່ຄວາມໄວການເຄື່ອນທີ່ຂອງໂມດ ຍານພາຫະນະໃນທ້ອງຖະໜົນເພີ່ມຂຶ້ນ. ຢ່າງໃດກໍ່ຕາມ, ປະສິດຕິພາບຂອງຊ່ອງສື່ສານປະເພດ Topology Based Routings ແມ່ນມີຄວາມຊັກຊ້າໃນການສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນສູງກ່ ວາຊ່ອງສື່ສານປະເພດ Position Based Routing. ເມື່ອ

ຄວາມໄວການເຄື່ອນທີ່ຂອງໂມດ ຍານພາຫະນະເພີ່ມສູງ ເຖິງ 25 m/s ເຮັດໃຫ້ຄ່າຄວາມຊັກຊ້າໃນການສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນ ຂອງຊ່ອງສື່ສານ AODV, DSDV ແລະ GPSR ມີຫຼຸດລົງ ເຖິງ 94, 96 ແລະ 75 ວິນາທີ, ຕາມລຳດັບ.

4. ວິພາກຜົນ

ການຫຼຸດລົງຂອງອັດຕາສ່ວນການສົ່ງຂໍ້ມູນໃນຂະນະ ທີ່ຈຳນວນໂມດຍານພາຫະນະໃນທ້ອງຖະໜົນເພີ່ມ ແມ່ນ

ສອດຄ່ອງກັບຜົນການຄົ້ນຄ້ວາຂອງ (Phouthone, 2017) ຊຶ່ງໄດ້ສຶກສາຫົວຂໍ້: Optimal Next-hop Selection Algorithms for Geographic Routing Protocols in Vehicular Networks ໂດຍການ ນຳໃຊ້ເຄື່ອງມື Vanetmobisim ໃນການຈຳລອງເຫດການການຈະລາຈອນໃນທ້ອງຖະໜົນ ແລະ ນຳໃຊ້ເຄື່ອງມື Ns - 2 ໃນການປະມວນຜົນ. ຊຶ່ງສາຍເຫດແມ່ນມາຈາກສະພາບແວດລ້ອມຂອງໂນດທີ່ອາດກໍ່ໃຫ້ເກີດມີການສົ່ງຮັບຂໍ້ມູນເພີ່ມຂຶ້ນ ແລະ ການຄວບຄຸມຂອງລະບົບເຄື່ອນຍ້າຍພາຫະນະ ສັບສິນຂຶ້ນຈຶ່ງພາໃຫ້ການບໍລິຫານ ແລະ ການເລືອກໂນດກາງເພື່ອສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນເກີດຂໍ້ຜິດພາດ, ຈົນພາໃຫ້ມີການສູນເສຍຂໍ້ມູນກ່ອນ ເຖິງໂນດປາຍທາງ. ຈາກການທົດລອງສາມາດສະຫຼຸບໄດ້ວ່າ ການຫຼຸດຜ່ອນການຮ້ອງຂໍເພື່ອສົ່ງຮັບຂໍ້ມູນທີ່ບໍ່ຈຳເປັນສາມາດຫຼຸດພາລະໃນເຄື່ອນຍ້າຍໂດຍລວມ ຊຶ່ງອາດເພີ່ມປະສິດທິພາບຂອງເຄື່ອນຍ້າຍ. ຖ້າຫາກສະພາບຈາລະຈອນແອອັດ, ໂອກາດທີ່ສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນຈາກຕົ້ນທາງໄປເຖິງໂນດປາຍທາງແມ່ນມີໜ້ອຍ, ສະນັ້ນຄ່າອັດຕາສ່ວນການສົ່ງຂໍ້ມູນກໍ່ຈະຫຼຸດລົງ. ຈຳນວນໂນດກາງເພື່ອສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນ (Next-hops) ໃນການເຊື່ອມຕໍ່ຈາກໂນດຕົ້ນທາງຫາໂນດປາຍທາງໄດ້ເພີ່ມຂຶ້ນ, ເຮັດໃຫ້ຕ້ອງໃຊ້ເວລາໃນການເລືອກໂນດກາງສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນ. ດັ່ງນັ້ນການຊັກຊ້າໃນການສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນ ຈາກໂນດຕົ້ນທາງຫາໂນດປາຍທາງໄດ້ເພີ່ມຂຶ້ນ. ໃນກໍລະນີດັ່ງກ່າວນີ້ GPSR ມີຄວາມຊັກຊ້າໃນການສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນຕໍ່າເມື່ອທຽບກັບ AODV ແລະ DSDV, ເນື່ອງຈາກວ່າຄວາມສາມາດການເລືອກໂນດກາງທີ່ມີໄລຍະຫ່າງໃກ້ກັບໂນດປາຍທາງ ເພື່ອສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນແບບ Greedy forwarding ຂອງ GPSR ຖືກນຳໃຊ້ໂດຍປາສະຈາກບັນຫາການຂາດແຄນໂນດກາງ. AODV ມີຄວາມຊັກຊ້າສູງສຸດເນື່ອງຈາກວ່າເມື່ອ AODV ສົ່ງ Route requires ໄປຍັງທຸກໂນດອ້ອມຂ້າງ ແລະ ລໍຖ້າ Route replies ເພື່ອໃຫ້ແນ່ໃຈວ່າເສັ້ນທາງສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນພ້ອມສົມບູນໂດຍບໍ່ໄດ້ພິຈາລະນາໂນດກາງລະຫວ່າງການເຊື່ອມຕໍ່, ອັນນີ້ເຮັດໃຫ້ມັນເປັນໄປໄດ້ສຳລັບການສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນເປັນເວລາດົນ ແລະ ເພີ່ມຄວາມຊັກຊ້າ. ເຫດຜົນດັ່ງກ່າວນີ້ແມ່ນສອດຄ່ອງກັບຜົນການຄົ້ນຄ້ວາຂອງ (Jung, 2017) ຊຶ່ງໄດ້ສຶກສາຫົວຂໍ້ Qgeo: Geographic Ad Hoc Routing Protocol for Unmanned Robotic Networks ທີ່ໃຊ້ການກຳນົດຊ່ອງທາງສັນຍານໃນແບບ Q-learning based geographic routing (QGeo)

ເພື່ອປັບປຸງປະສິດທິພາບເຄື່ອນຍ້າຍຂອງຫຸ່ນຍົນທີ່ບໍ່ມີຄົນຂັບ. (Militani, 2021) ໄດ້ສຶກສາຫົວຂໍ້ Reinforcement Learning Based Routing Protocols Analysis for Mobile Ad-Hoc Networks ໂດຍໃຊ້ວິທີການຮຽນຮູ້ແບບ Q-Learning ແລະ ອອກແບບ algorithms: EQ-AODV ແລະ AODV-SARSA ມາປຽບທຽບອັດຕາສ່ວນໃນການສົ່ງແພັກເກັດຈາກໂນດຕົ້ນທາງຫາໂນດປາຍທາງ. ຜົນການຄົ້ນຄ້ວາດັ່ງກ່າວແມ່ນເປັນເອກະພາບກັບຜົນການສຶກສາດັ່ງນີ້ທີ່ວ່າຄວາມຊັກຊ້າໂດຍສະເລ່ຍຂອງການສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນຫຼຸດເມື່ອມີການເລັ່ງຄວາມໄວຂອງໂນດຍານພາຫະນະຂຶ້ນ, ເນື່ອງຈາກການເລັ່ງຄວາມໄວຂອງໂນດເຮັດໃຫ້ການຄາດເດົາການປ່ຽນແປງ Topology ເພີ່ມຂຶ້ນ ການສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນຖືກຄວບຄຸມຍາກຂຶ້ນ ແລະ ໂອກາດ ເຮັດໃຫ້ການຂາດສັນຍານເພີ່ມຂຶ້ນ. GPSR ປະຍຸກໃຊ້ເທັກນິກການເລືອກໂນດສົ່ງຜ່ານໂດຍອອກແບບໃຫ້ມີການຊອກໂນດກາງເພື່ອສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນດ້ວຍ greedy forwarding, ຊຶ່ງໂນດກາງໃດຫາກມີໄລຍະຫ່າງໃກ້ກັບໂນດປາຍທາງຈະຖືກເລືອກໃຫ້ເປັນໂນດສົ່ງຜ່ານ, ເຮັດໃຫ້ມີຄວາມຊ້າການສົ່ງຂໍ້ມູນໜ້ອຍກວ່າຂອງ AODV ແລະ DSDV.

5. ສະຫຼຸບ

ບົດຄົ້ນຄ້ວານີ້ໄດ້ທຳການທົດລອງນຳໃຊ້ຊ່ອງສື່ສານແບບ Topology Based Routings ແລະ Position Based Routing ໃນເຄື່ອນຍ້າຍຍານພາຫະນະເພື່ອສຶກສາປະສິດທິພາບ. ວິທີການປະເມີນປະສິດທິພາບແມ່ນເລີ່ມຈາກການຈຳລອງເຫດການການຈາລະຈອນບິນພື້ນຖານການນຳໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີ SUMO. ສ່ວນການຈຳລອງເຫດການການສົ່ງຂໍ້ມູນແມ່ນບິນພື້ນຖານການນຳໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີ NS2.35. ຜົນການການປະເມີນປະສິດທິພາບດ້ວຍການວິເຄາະຂໍ້ມູນປະຫວັດການຈຳລອງເຫດການການສົ່ງຂໍ້ມູນດ້ວຍເຕັກໂນໂລຊີ AWK ເຫັນວ່າ ເມື່ອສະພາບຈາລະຈອນແອອັດ, ໂອກາດທີ່ສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນຈາກໂນດຕົ້ນທາງໄປເຖິງໂນດປາຍທາງແມ່ນຫຼຸດລົງ, ສະນັ້ນ ຄ່າອັດຕາສ່ວນການສົ່ງຂໍ້ມູນກໍ່ຈະຫຼຸດລົງ. ໂດຍລວມ GPSR ຈະໃຊ້ເວລາສົ່ງຜ່ານຂໍ້ມູນຈາກໂນດຕົ້ນທາງໄປເຖິງໂນດປາຍທາງສັ້ນກວ່າ AODV ແລະ DSDV, ແຕ່ເມື່ອທຽບປະສິດທິພາບທາງດ້ານອັດຕາສ່ວນການສົ່ງຂໍ້ມູນແມ່ນຕໍ່າກວ່າ AODV ແລະ DSDV. ຢ່າງໃດກໍ່ຕາມຂັ້ນຕອນ ແລະ ການຈຳລອງເຫດການການຈາລະຈອນເພື່ອການທົດລອງໃນການຄົ້ນຄ້

ວານີຍັງມີຂໍ້ຈຳກັດຫຼາຍຢ່າງ ແລະ ຍັງບໍ່ສາມາດຄວບຄຸມໃຫ້ລະບົບເຄື່ອນຍ້າຍພາຫະນະເໝືອນຈິງເທົ່າທີ່ຄວນ. ໃນອານາຄົດພວກເຮົາຈະອອກແບບຂັ້ນຕອນ ແລະ ຈຳລອງເຫດການການຈາລະຈອນໃຫ້ຄວບຄຸມກ່ວາເດີມ. ທັງນີ້ກໍ່ເພື່ອປຽບທຽບປະສິດທິພາບຂອງຊ່ອງສື່ສານ ແລະ ວິເຄາະຜົນໃຫ້ສອດຄ່ອງກັບລະບົບເຄື່ອນຍ້າຍພາຫະນະທີ່ແທ້ຈິງ.

6. ຂໍ້ຄັດແຍ່ງ

ທີມງານນັກຄົ້ນຄ້ວາຂໍປະຕິບັດຕົນວ່າ ຂໍ້ມູນທັງໝົດທີ່ມີໃນບົດວິຊາການດັ່ງກ່າວນີ້ ແມ່ນບໍ່ມີຂໍ້ຄັດແຍ່ງທາງຜົນປະໂຫຍດໃດໆທາງນັ້ນ, ກໍ່ລະນີມີການລະເມີດໃນຮູບການໃດກໍ່ຕາມ ພວກເຮົາມີຄວາມຍິນດີຂໍຮັບຜິດຊອບແຕ່ພຽງຝ່າຍດຽວ.

7. ເອກະສານອ້າງອີງ

Al-Tahrawi, M. A. (2017). Performance of AODV and OLSR routing protocol in a hybrid sensor and vehicular network 802. *Proceedings - ICWT 2016: 2nd International Conference on Wireless and Telematics 2016.*, (p. 11p.).
Analysis for Mobile Ad-Hoc Networks. (n.d.). Springer, Cham.

Boshy, S. (1999). Packet Routing Using Reinforcement Learning: Estimating Short-est Paths in Dynamically Changing Networks.

Boussoufa-Lahlah, S. S.-M. (2018). *Geographic routing protocols for Vehicular Ad hoc NETWORKS (VANETs): A survey. Vehicular Communications.* .

Chen, Y. N. (2020). A traffic-aware Q-network enhanced routing protocol based on GPSR for unmanned aerial vehicle ad-hoc networks. *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, 21(9), 1.

Fahad, T. O. (2018). *Multiobjective Optimized Routing Protocol for VANETs.*

Ji, X. Y. (2017). *SDGR: An SDN-Based Geographic Routing Protocol for VANET. Proceedings - 2016 IEEE International Conference on Internet of Things; IEEE Green Computing and Communications; IEEE Cyber, Physical, and Social Computing.*

Jung, W. S. (2017). *QGeo: Q-Learning-Based Geographic Ad Hoc Routing Protocol for Unmanned Robotic Networks. IEEE Communications Letters.*

Karimi, R. & . (2018). *PGRP: Predictive geographic routing protocol for VANETs. Computer Networks.* .

Karp, B. K. (2000). *GPSR: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks. In: ACM MOBICom, Boston, MA (August 2000).*

Lai, W. K. (2015). A Machine learning system for routing decision - making in urban vehicular ad hoc networks. . *International Journal of Distributed Sensor Networks.*

Mahmoud, M. & .-K. (2020). *Greedy Intersection-Mode Routing Strategy Protocol for Vehicular Networks. Complexity.*

Militani, D. R. (2021). *Enhanced Routing Algorithm Based on Reinforcement Machine Learning: A Case of VoIP Service. Sensors*, 21, 504.

Pandey, K. & . (2015). Performance analysis of routing protocols for vehicular adhoc networks using NS2/SUMO. . *IEEE International Advance Computing Conference (IACC)*, 844-848, doi: 10.1109/IADCC.2015.7154825.

Perkins, C. a. (1994). *Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers. Proceedings of the ACM SIGCOMM, London, 31 August-2 September 1994*, 234-244.

Puterman, M. L. (2014). Markov decision processes: discrete stochastic dynamic programming. .

Rachel, D. (2018). Application of Machine Learning Techniques to Delay Tolerant Network Routing. PhD Thesis. Case Western Reserve University Case School of Graduate Studies. .

Rahnamaei Yahiabadi, S. B. (2019). *TIHOO: An Enhanced Hybrid Routing Protocol in Vehicular Ad-hoc Networks. Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking.*

Rahul, D., & . P. (n.d.). Analysis of Reinforcement Based Adaptive Routing in MANET. ., (p. 2016).

Shajin, F. H. (2020). Trusted Secure Geographic Routing Protocol: outsider attack detection in mobile ad hoc networks by adopting trusted secure geographic routing protocol. *International Journal of*

Pervasive Computing and Communications.

- Sutton, R. S. (1992). *Reinforcement learning: An introduction*. *Machine Learning*, 8(3-4):225–227.
- Sutton., R. S. (1988). Learning to predict by the methods of temporal differences. *Machine Learning*, 3(1), 9–44.

VONGPASITH Phouthone, M. (. (2017). *Optimal Next-hop Selection Algorithms for Geographic Routing Protocols in Vehicular Networks.*