

VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN - TRƯỜNG ĐẠI HỌC HỒNG ĐỨC

HỘI THẢO QUỐC GIA LẦN THỨ XXI

THANH HÓA, NGÀY 27-28 THÁNG 7 NĂM 2018



MỘT SỐ VẤN ĐỀ CHỌN LỌC CỦA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

Chủ đề: Internet of Things

TOÀN VĂN CÁC BÁO CÁO



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

MỤC LỤC

1. A deep learning approach for information extraction in real estate advertisements <i>Trung Trinh, Dang Ngo, Hon Pham, Tho Quan, Gia-Long Hoang-Ngoc, Hung Hoang</i>	1
2. A novel algorithm for hiding sensitive high average-utility itemsets <i>Vy Huynh Trieu, Hai Le Quoc, Chau Truong Ngoc, Nam Nguyen Thanh</i>	7
3. A novel malware detection system based on mining frequent pattern technique <i>Thi Tra My Nguyen, Dong Son Nguyen, Van Tong, Vu Hiep Cao, Hai Anh Tran</i>	14
4. Anonymous key leakage attack on attribute-based encryption <i>Trinh Viet Cuong, Trinh Van Anh, Do Thi Thu Hien, Do Thi Thanh Huyen, Trinh Cam Van, Tran Vinh Duc</i>	20
5. Bài toán suy dẫn logic và ứng dụng trong cơ sở tri thức <i>Nguyễn Thị Vân, Nguyễn Xuân Huy</i>	27
6. Cải thiện độ chính xác phép đo lượng nước sử dụng cho thiết bị báo thay lõi của máy lọc nước <i>Vũ Thị Quyên, Đặng Mạnh Chính, Phạm Ngọc Minh, Vương Huy Hoàng, Đặng Thành Trung</i>	32
7. Cải tiến thuật toán xây dựng tập dữ liệu ảnh mờ phục vụ cho huấn luyện khử mờ biển số xe thu được từ camera giám sát <i>Nguyễn Thị Thanh Nga, Dương Đức Hùng, Nguyễn Thị Thanh Mai</i>	38
8. Combination landmark-based and self-stabilizing algorithm for solving constraint satisfaction problems <i>Van Lam Ho, Thanh Tran Thien, Viet Tran Hoang, Truong Thanh Son</i>	44
9. Comparative study of short-term electric load forecasting: case study EVNHCMC <i>Nguyen Tuan Dung, Nguyen Thanh Phuong</i>	52
10. Công nghệ Blockchain trong vấn đề đảm bảo tính toàn vẹn và minh bạch của dữ liệu <i>Khuất Thanh Sơn, Nguyễn Trường Thắng, Trần Bá Hùng, Nguyễn Hà Thanh</i>	59

11. Đánh giá ảnh hưởng của tấn công lỗ đen và giải pháp chống tấn công lỗ đen trong giao thức định tuyến AODV và AOMDV trên mạng MANET <i>Lê Đức Huy, Nguyễn Văn Tam</i>	67
12. Đánh giá hiệu suất và khả năng ứng dụng của công nghệ Blockchain và hợp đồng thông minh trong lĩnh vực tài chính <i>Nguyễn Quang Huy, Nguyễn Quang Huy, Triệu Thu Hương, Cao Chính Nghĩa</i>	72
13. Đánh giá mức độ an toàn ứng dụng di động Android dựa trên bộ tiêu chí mở rộng <i>Nguyễn Việt Đức, Phạm Minh Vĩ, Phạm Thanh Giang</i>	79
14. Đề xuất các đặc trưng và lựa chọn kỹ thuật phân lớp thích hợp cho phân lớp các mô hình 3D về nội thất <i>Nông Thị Hoa, Nguyễn Văn Tảo</i>	85
15. EOG detection using Haar Wavelet Transform toward implementation of an IOT brain computer interface <i>Huy-Hoang Tran, Hoang-Anh T. Nguyen, Quoc-Vuong Do, Thanh Ha Le</i>	91
16. FFB: Hệ thống lưu trữ kết hợp cho các ứng dụng B-tree trên bộ nhớ nand flash <i>Hồ Văn Phi</i>	97
17. FH-TRK - Thuật toán hiệu quả khai thác top-rank-k mẫu phổ biến <i>Lê Hoàng Bình Nguyên, Nguyễn Duy Hàm, Võ Đình Bảy</i>	103
18. Giải pháp công nghệ quản lý nguồn gốc giống heo <i>Vương Quang Phương, Lê Thị Thùy Giang, Đinh Đức Lương, Ngô Văn Bình, Hoàng Đỗ Thanh Tùng</i>	110
19. Giải pháp phát hiện tấn công ngập lụt trên mạng MANET sử dụng thuật toán phân lớp <i>Lương Thái Ngọc, Võ Thanh Tú</i>	117
20. Hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt trên nền tảng IoT <i>Vương Huy Hoàng, Dương Đức Hùng, Phạm Ngọc Minh, Trần Vĩnh Phú, Ngô Duy Tân, Đặng Thành Trung</i>	125
21. Hệ tư vấn dựa trên mục bằng tiếp cận hàm ý thống kê <i>Phan Phương Lan, Huỳnh Hữu Hưng, Huỳnh Xuân Hiệp</i>	131
22. Hiệu chỉnh hệ số hiệu suất tương lai PF trong phương pháp EVM-GM đánh giá mức độ hoàn thành của dự án phần mềm: thử nghiệm và đánh giá <i>Lê Thế Anh, Nguyễn Thanh Hùng, Huỳnh Quyết Thắng, Nguyễn Văn Căn</i>	137
23. Kết hợp mạng nơron nhân tạo và kinh tế lượng trong dự báo giá cà phê <i>Đỗ Đức Cường, Đinh Huy Hoàng, Nguyễn Ngọc Cương</i>	144

24. Khai phá top-K mẫu dãy thường xuyên có trọng số trên CSDL dãy có khoảng cách thời gian <i>Trần Huy Dương, Nguyễn Tiến Thụy, Trần Thế Anh</i>	150
25. Khai thác tập phổ biến đóng có trọng số không thỏa tính chất bao đóng giảm <i>Phan Thành Huân, Lê Hoài Bắc</i>	155
26. Khảo sát ảnh hưởng của các hiệu ứng vật lý và kỹ thuật định tuyến QoS trong mạng MANET <i>Lê Hữu Bình, Võ Thanh Tú, Nguyễn Văn Tam</i>	162
27. Mô hình mã hóa ảnh kết hợp tính toán DNA và hệ hỗn loạn <i>Nguyễn Văn Căn, Đoàn Ngọc Tú, Lê Văn Giang</i>	170
28. Một giải pháp tự động hóa giám sát các trạm bán xăng dầu từ xa để phục vụ chống thất thu thuế <i>Hà Mạnh Đào</i>	177
29. Một kỹ thuật phân lớp người sử dụng mạng nơron tích chập <i>Hà Mạnh Toàn, Nguyễn Văn Năng, Trịnh Hiền Anh, Nguyễn Thị Lan Phương, Trịnh Xuân Hùng</i>	182
30. Một kỹ thuật tăng tốc tính toán va chạm của các đối tượng vật thể rắn trong môi trường ảo bằng phương pháp tích phân số Euler thích nghi <i>Nghiêm Văn Hưng, Trịnh Hiền Anh, Đặng Văn Đức, Nguyễn Văn Căn, Vũ Đức Thái</i>	186
31. Một phương pháp dự báo sự phát triển của cộng đồng trên mạng xã hội Facebook <i>Vũ Thị Nhạn, Nguyễn Việt Anh, Đào Quang Toàn</i>	191
32. Một phương pháp tính nhanh độ trung gian để phát hiện cộng đồng trên mạng xã hội <i>Nguyễn Xuân Dũng, Đoàn Văn Ban</i>	198
33. Một phương pháp trích xuất biểu đồ lớp UML từ OWL ontology <i>Võ Hoàng Liên Minh, Hoàng Quang</i>	205
34. Một số kỹ thuật tăng cường hiệu quả hoạt động của hệ thống Nhận đọc thông minh <i>Phí Tùng Lâm, Nguyễn Trường Thắng, Nguyễn Thế Hoàng Anh, Mai Văn Thủy, Trần Huy Hoàng</i>	211
35. Một số thuật toán xác định ma trận độ hỗ trợ trên khối dữ liệu có giá trị thuộc tính thay đổi <i>Trịnh Đình Thắng, Đỗ Thị Lan Anh</i>	216

36. Một thuật toán di truyền lai mới trong ước lượng tham số của mô hình GARCH(1,1) <i>Lục Trí Tuyên, Phạm Quốc Vương, Thạch Thị Ninh, Vũ Xuân Quỳnh</i>	226
37. Một thuật toán trong phát hiện lỗ hổng bảo mật web và xây dựng công cụ rà quét, phát hiện lỗ hổng trên website <i>Tống Anh Tuấn, Hoàng Việt Long, Đoàn Đắc Xuân Anh, Lê Hoàng Sơn</i>	232
38. Nâng cao độ tương phản ảnh màu theo hướng tiếp cận trực tiếp trong biểu diễn màu Lab <i>Nguyễn Văn Quỳnh, Hoàng Minh Quý</i>	240
39. Nghiên cứu phương pháp trừu tượng hóa mô hình trong phân tích lỗ hổng mạng <i>Bùi Thị Thu, Nguyễn Trường Thắng, Nguyễn Thị Ánh Phương, Nguyễn Thị Thu Nga</i>	249
40. Nghiên cứu về độ an toàn của khóa bí mật trong lược đồ chữ ký số EC-Schnorr <i>Nguyễn Tiến Xuân, Khúc Xuân Thành, Nguyễn Quốc Toàn</i>	256
41. Nghiên cứu về MatLab-Simulink và sinh ca kiểm thử tự động cho các hệ thống nhúng <i>Nguyễn Thị Ánh Phương, Nguyễn Trường Thắng, Bùi Thị Thu, Nguyễn Thị Thu Nga</i>	262
42. Phân cụm dữ liệu không đầy đủ dựa trên phương pháp phân cụm bán giám sát mờ <i>Mai Đình Sinh, Nguyễn Thị Huệ, Ngô Thành Long, Đỗ Việt Đức</i>	268
43. Phân đoạn âm vị tiếng nói tiếng Việt bằng phương pháp không giám sát <i>Hoàng Đắc Thắng, Vũ Tắt Thắng</i>	274
44. Phát hiện mẫu chuỗi mờ với khoảng cách thời gian được xác định từ cơ sở dữ liệu chuỗi định lượng <i>Trương Đức Phương, Đỗ Văn Thành, Nguyễn Đức Dũng</i>	280
45. Phương pháp cải tiến tính toán chương trình logic theo tiếp cận đại số tuyến tính <i>Nguyễn Đình Hiên, Trương Ngọc Kha, Huỳnh Đăng Khoa, Trần Anh Dũng</i>	288
46. Phương pháp gia tăng rút gọn thuộc tính trong bảng quyết định sử dụng khoảng cách mờ <i>Nguyễn Văn Thiện, Nguyễn Long Giang, Nguyễn Như Sơn</i>	296
47. Phương pháp kết hợp TLD và CMT cho theo vết đối tượng chuyển động <i>Trần Sơn Hải, Lê Quang Thái, Kha Anh Quang Phạm, Lê Hoàng Thái, Ngô Quốc Tạo, Nguyễn Thị Lan Phương</i>	303
48. Sử dụng hàm SCAD cho bài toán cắt giảm số véc tơ hỗ trợ trong mô hình SVM <i>Nguyễn Mạnh Cường, Nguyễn Văn Thiện</i>	311

49. Tham số s và t trong bài toán phân loại đám mây điểm LiDAR với thuật toán MCC <i>Nguyễn Thị Hữu Phương, Đặng Văn Đức, Nguyễn Trường Xuân, Trần Mạnh Trường</i>	317
50. Thuật toán hiệu quả cho khai thác tăng trưởng mẫu phổ biến từ mô hình duyệt Web <i>Nguyễn Tất Thắng, Nguyễn Thị Lan Anh, Võ Đình Bảy</i>	324
51. Tìm kiếm thực thể dựa trên quan hệ ngữ nghĩa ẩn <i>Trần Lâm Quân, Vũ Tất Thắng</i>	330
52. Towards more accurate prediction of protein SUMOylation sites by exploiting the maximal dependence decomposition method <i>Van-Nui Nguyen, Thi-Xuan Tran, Huy-Khoi Do</i>	337
53. Trích rút khía cạnh sản phẩm dựa trên mô hình ngôn ngữ kết hợp với Word2Vec <i>Nguyễn Thị Ngọc Tú, Bùi Khánh Linh, Nguyễn Thị Thu Hà, Nguyễn Việt Anh, Nguyễn Ngọc Cương</i>	343
54. Ứng dụng thuật toán gomory cải tiến cho bài toán cắt thép trong công trình xây dựng <i>Nguyễn Đình Định, Trịnh Thị Phú</i>	350
55. What factors influence the selection of enterprise resource planning systems? <i>Le Thi Minh Duc</i>	357
56. Xây dựng bản đồ năng lực và gợi ý phát triển năng lực cho sinh viên với ứng dụng VSC (Visualization of Student Competency) <i>Nguyễn Thị Thanh Thanh, Bùi Ngọc Lê và Nguyễn Thị Thanh Tâm</i>	363
57. Xây dựng hàm lượng giá cho cờ Connect-6 <i>Nguyễn Quốc Huy, Đặng Công Quốc</i>	370
58. Xây dựng hệ thống phát hiện xâm nhập mạng các thiết bị IoT dân sự trong nhà thông minh <i>Lương Đức Tuấn Đạt, Lê Hải Việt, Nguyễn Ngọc Toàn, Nguyễn Doãn Hiếu</i>	376
59. Xây dựng mô hình dự báo chỉ số VN30 của thị trường chứng khoán Việt Nam <i>Trương Đức Phương</i>	383
60. Xây dựng mô hình dự báo điểm học tập của sinh viên sử dụng kỹ thuật cây quyết định <i>Trần Thiên Thành, Phạm Trọng Nghĩa, Trần Thị Liên</i>	390
61. Xây dựng mô hình thí nghiệm hệ thống IoT ứng dụng trong giảng dạy học phần Kỹ thuật đo lường điều khiển tự động <i>Phạm Mạnh Toàn, Nguyễn Thị Kim Thu</i>	396

Khảo sát ảnh hưởng của các hiệu ứng vật lý và kỹ thuật định tuyến QoT trong mạng MANET

Lê Hữu Bình^{1,2,3,a}, Võ Thanh Tú^{4,b}, Nguyễn Văn Tam^{1,2,c}

¹Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam;

²Viện Công nghệ Thông tin, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam;

³Khoa Công nghệ Thông tin, Trường Cao đẳng Công nghiệp Huế;

⁴Khoa Công nghệ Thông tin, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế;

Email: ^a binh.lehuu@hueic.edu.vn; ^b vttu@hueuni.edu.vn; ^c nvtam@ioit.ac.vn

Tóm tắt—Mạng tùy biến di động (MANET) đang được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi trong giai đoạn hiện nay. Trong trường hợp mạng MANET có vùng diện tích rộng, mật độ nút cao, các hiệu ứng vật lý xảy ra trên các lộ trình truyền dữ liệu cần phải được quan tâm, vì các hiệu ứng này ảnh hưởng lớn đến chất lượng truyền dẫn (QoT), làm suy giảm hiệu năng mạng. Trong bài báo này, chúng tôi tập trung phân tích các hiệu ứng xảy ra ở lớp vật lý trong mạng MANET, đánh giá QoT của mạng MANET khi sử dụng các giao thức định tuyến theo yêu cầu để thấy rõ ảnh hưởng của các hiệu ứng vật lý đến hiệu năng mạng. Từ đó, chúng tôi tập trung khảo sát kỹ thuật định tuyến QoT, đánh giá hiệu năng mạng khi sử dụng các giao thức định tuyến QoT so với các giao thức định tuyến truyền thống bằng phương pháp mô phỏng.

Keywords-MANET; Định tuyến QoT; SNR, BER;

I. GIỚI THIỆU

Công nghệ truyền thông không dây đang ngày càng phát triển, trở thành giải pháp chủ đạo cho công nghệ mạng viễn thông nói chung, mạng truyền dữ liệu và mạng máy tính nói riêng. Có bốn mô hình mạng không dây đã và đang được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm trong thời gian gần đây, đó là mạng tùy biến di động (MANET), mạng cảm biến không dây (wireless sensor networks - WSN), mạng không dây hình lưới (wireless mesh networks - WMN) và mạng không dây hỗn hợp (hybrid wireless networks) [1]. Trong đó, mô hình mạng MANET đang ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, như quân sự, y tế, giáo dục, giao thông, hàng không, vận tải tàu biển, nghiên cứu thám hiểm [2].

Ở lớp vật lý, nhờ sự phát triển của các kỹ thuật điều chế tín hiệu mà tốc độ dữ liệu trên các kênh truyền ngày một tăng lên, từ 2 Mbit/s đối với chuẩn IEEE 802.11 đầu tiên, sử dụng kỹ thuật điều chế trải phổ trực tiếp (Direct-Sequence Spread Spectrum

- DSSS), đến nay tốc độ dữ liệu trên mỗi kênh có thể tăng lên đến 1.73 Gbit/s đối với chuẩn IEEE 802.11ac, sử dụng kỹ thuật điều chế biên độ cầu phương M trạng thái (Quadrature Amplitude Modulation - QAM) kết hợp với kỹ thuật ghép kênh phân chia theo tần số trực giao (Orthogonal Frequency Division Multiplexing - OFDM). Tuy nhiên, khi tốc độ dữ liệu tăng lên thì các hiệu ứng xảy ra ở lớp vật lý như nhiễu tích lũy trên đường truyền, nhiễu xuyên kênh cũng tăng lên, dẫn đến tỷ lệ lỗi bit (Bit Error Rate - BER) tăng, làm cho chất lượng truyền dẫn (Quality of Transmission - QoT) suy giảm. Để đảm bảo QoT, tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (Signal to Noise Ratio - SNR) cần phải tăng lên. Như vậy, tùy theo kỹ thuật điều chế được sử dụng trong mạng MANET mà giá trị SNR phải được thiết lập phù hợp để đảm bảo QoT trong mạng. Trong bài báo này, tác giả đi sâu phân tích các hiệu ứng vật lý xảy ra trong mạng MANET, để từ đó làm cơ sở cho việc xác định các điều kiện ràng buộc về QoT trên các lộ trình truyền dữ liệu của mạng MANET có vùng diện tích rộng, mật độ nút cao. Các phần tiếp theo của bài báo được bố cục như sau: Phần II phân tích chất lượng truyền dẫn của một lộ trình đa bước truyền. Phần III phân tích QoT của mạng MANET khi sử dụng các giao thức định tuyến theo yêu cầu và ảnh hưởng của nó đến hiệu năng mạng. Phần IV trình bày các kỹ thuật định tuyến QoT trong mạng MANET dựa trên các công trình nghiên cứu đã công bố. Phần V là một số kết quả tính toán, mô phỏng và thảo luận. Cuối cùng là các kết luận và dự kiến hướng phát triển tiếp theo, được trình bày chi tiết trong phần VI.

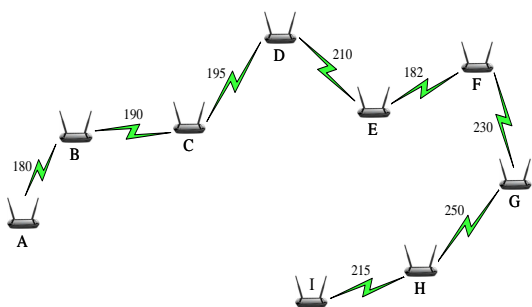
II. QoT CỦA MỘT LỘ TRÌNH ĐA BƯỚC TRUYỀN

Trên một lộ trình truyền dữ liệu, QoT của nó được xác định bằng SNR tại đầu thu của nút đích. Khi dữ liệu truyền qua một lộ trình đa bước truyền,

hiệu tích lũy dọc theo lộ trình tăng dần, làm cho SNR giảm dần. Sự suy giảm của SNR phụ thuộc vào nguyên lý chuyển tiếp dữ liệu tại các nút trung gian. Trong hệ thống mạng không dây, các nút trung gian có thể chuyển tiếp dữ liệu bằng hai cách, đó là khuếch đại và chuyển tiếp (Amplify and Forward - AF) hoặc giải mã và chuyển tiếp (Decode and Forward - DF). SNR tại đầu thu phụ thuộc vào các kỹ thuật chuyển tiếp dữ liệu này, được xác định như sau [3], [4]:

$$\beta_n = \begin{cases} \min(\beta_{h_1}, \beta_{h_2}, \dots, \beta_{h_{n-1}}) & \text{Nếu sử dụng DF} \\ \left(\sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{\beta_{h_i}} \right)^{-1} & \text{Ngược lại} \end{cases} \quad (1)$$

trong đó, β_n là SNR tại nút đích của lộ trình và β_{h_i} là SNR của bước truyền thứ i . Để thấy rõ sự suy giảm của SNR theo tổng số bước truyền, chúng tôi xét một lộ trình từ nút A đến nút I qua 7 nút trung gian là B, C, D, E, F, G và H với cấu trúc như ở Hình 1. Các con số ghi trên các kết nối là khoảng cách giữa các nút, được tính bằng mét. Xét trường hợp công suất phát của thiết bị là 17 dBm, mô hình nhiễu là nhiễu nhiệt tại nhiệt độ môi trường (300^0K), sử dụng chuẩn IEEE 802.11ac. SNR của mỗi bước truyền phụ thuộc vào tần số sóng mang và băng thông kênh được sử dụng như cho thấy ở Bảng I. Ta thấy rằng, băng thông của kênh truyền và tần số sóng mang càng lớn thì SNR càng giảm. Cụ thể, xét trường hợp sóng mang có tần số 2.4 GHz, nếu sử dụng kênh truyền có băng thông 20 MHz thì SNR lớn nhất là 32.7 dB tương ứng với bước truyền từ A đến B, SNR nhỏ nhất là 30.5 dB tương ứng với bước truyền từ F đến G. Nhưng nếu sử dụng kênh với độ rộng băng thông là 40 MHz thì các giá trị này giảm xuống còn 29.7 và 27.5 dB. SNR tiếp tục giảm khi băng thông kênh tăng lên 80 MHz. Đặc biệt, nếu sử dụng kênh 160 MHz thì SNR giảm rất nhiều, giá trị lớn nhất chỉ là 23.6 dB, giá trị nhỏ nhất là 22.1 dB. Nguyên nhân của



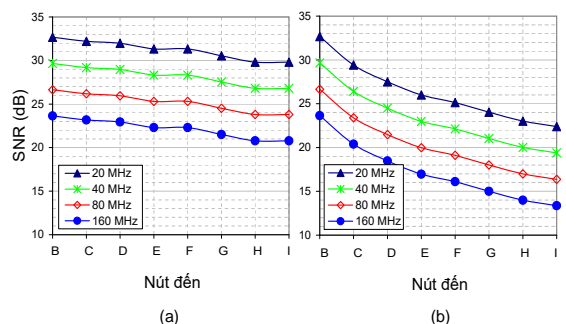
Hình 1: Một lộ trình truyền dữ liệu qua 9 nút

sự suy giảm này là do khi băng thông kênh càng lớn thì công suất nhiễu phát sinh trên kênh truyền càng lớn. Mặt khác, SNR tỷ lệ nghịch với công suất nhiễu, nên khi công suất nhiễu càng tăng thì SNR càng suy giảm.

Bảng I: SNR trên các bước truyền của lộ trình có cấu trúc như ở Hình 1

Hop	SNR (dB)							
	20 MHz		40 MHz		80 MHz		160 MHz	
	2.4GHz	5GHz	2.4GHz	5GHz	2.4GHz	5GHz	2.4GHz	5GHz
AB	32.7	26.3	29.7	23.3	26.7	20.2	23.6	17.3
BC	32.2	25.8	29.2	22.8	26.2	19.8	23.2	16.8
CD	32.0	25.6	29.0	22.6	26.0	19.6	22.9	16.6
DE	31.3	24.9	28.3	21.9	25.3	18.9	22.3	15.9
EF	32.6	26.2	29.6	23.2	26.6	20.2	22.5	17.2
FG	30.5	24.2	27.5	21.2	24.5	18.2	21.1	15.1
GH	29.8	23.4	26.8	20.4	23.8	17.4	20.8	14.4
HI	31.1	24.8	28.1	21.7	25.1	18.7	22.1	15.7

Từ các kết quả thu được trên Bảng I, ta dễ dàng xác định được SNR của lộ trình từ nút A đến nút I theo (1). Kết quả thu được trên Hình 2 tương ứng với trường hợp sóng mang có tần số 2.4 GHz. Ta thấy rằng, SNR giảm dần theo tổng số bước truyền mà dữ liệu đi qua. Cụ thể, xét trường hợp kỹ thuật DF được sử dụng (Hình 2a), trong trường hợp băng thông 20 MHz, khi mới truyền qua một bước truyền (đến nút B), SNR là 32.67 dB. Nhưng nếu truyền qua 3 bước truyền (đến nút D), SNR giảm xuống 31.97 dB. SNR tiếp tục giảm xuống còn 29.8 dB khi dữ liệu truyền qua 8 bước truyền, nghĩa là đến nút I. Kết quả cũng hoàn toàn tương tự cho các trường hợp băng thông kênh 40 MHz, 80 MHz và 160 MHz. Trong trường hợp các nút trung gian sử dụng kỹ thuật AF, SNR suy giảm nhiều hơn so với trường hợp DF. Khi truyền đến nút đích (nút I), SNR chỉ còn 22.39, 19.38, 16.37 và 13.36 dB



Hình 2: Suy giảm SNR qua các bước truyền trong trường hợp sóng mang có tần số 2.4 GHz, nút trung gian sử dụng kỹ thuật (a) DF và (b) AF

tương ứng với các trường hợp băng thông kênh 20, 40, 80 và 160 MHz (Hình 2b).

Xét trường hợp kỹ thuật điều chế 256-QAM được sử dụng. Giả sử ngưỡng BER cho phép là 10^{-6} . Theo [5], SNR yêu cầu tối thiểu để đạt được BER = 10^{-6} là 23.5 dB. Như vậy, với các kết quả phân tích ở Hình 2, có một số trường hợp không thỏa mãn điều kiện ràng buộc về QoT. Cụ thể, trong trường hợp các nút trung gian sử dụng kỹ thuật DF (kết quả ở Hình 2a), nếu sử dụng các kênh có băng thông 20, 40 hoặc 80 MHz thì điều kiện ràng buộc về QoT luôn thỏa mãn, nghĩa là SNR luôn lớn hơn SNR yêu cầu tối thiểu (23.5 dB). Tuy nhiên, nếu sử dụng kênh có băng thông 160 MHz, điều kiện ràng buộc về QoT chỉ thỏa mãn khi truyền đến nút F. Nếu truyền đến nút G, SNR giảm xuống còn 21.5 dB, giá trị này nhỏ hơn SNR yêu cầu tối thiểu. Nếu truyền đến nút H và I, SNR còn giảm nhiều hơn. Phân tích tương tự ta thấy rằng, trong trường hợp các nút trung gian không tái tạo tín hiệu (kết quả ở Hình 2b), để thỏa mãn ràng buộc về QoT, dữ liệu chỉ được phép truyền đến nút E, D hoặc B tương ứng với các trường hợp kênh truyền có băng thông 40, 80 hoặc 160 MHz.

III. QoT CỦA MẠNG MANET KHI SỬ DỤNG CÁC GIAO THỨC ĐỊNH TUYẾN THEO YÊU CẦU

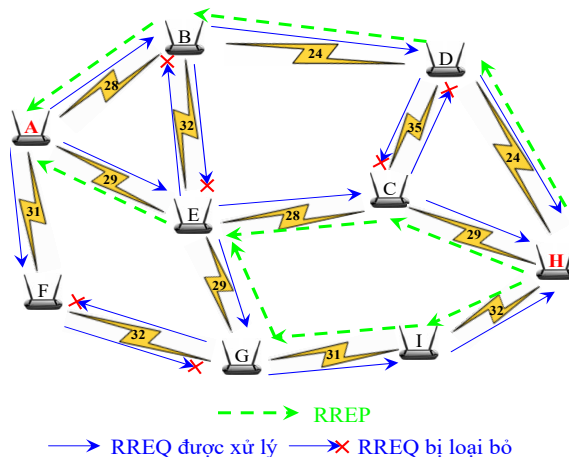
Theo nguyên lý khám phá lộ trình của các giao thức định tuyến theo yêu cầu [6], [7], khi cần khám phá lộ trình mới, nút nguồn gửi quảng bá gói RREQ đến các nút giềng của nó. Tại mỗi nút nhận được gói RREQ, nếu như trước đó đã nhận gói RREQ này thì nút đó sẽ loại bỏ gói RREQ mà không xử lý gì thêm. Ngược lại, nếu trong bảng định tuyến của nút đang xét có thông tin lộ trình khả thi để đến đích, nó sẽ gửi gói RREP về nút nguồn. Ngược lại, gói RREQ được tiếp tục gửi quảng bá đến các nút láng giềng của nút đang xét. Quá trình lặp lại cho đến khi tìm được lộ trình đến nút đích, hoặc quá thời gian chờ cho phép.

Với nguyên lý khám phá lộ trình của các giao thức định tuyến theo yêu cầu như mô tả ở trên, trọng số của các lộ trình tìm được là tổng số bước truyền. Vì vậy, trong một số trường hợp, lộ trình tìm được chưa phải là lộ trình có QoT tốt nhất. Thậm chí có một số trường hợp lộ trình tìm được không thỏa mãn các điều kiện ràng buộc của QoT. Để thấy rõ điều này, chúng tôi xét một ví dụ như ở Hình 3 với giao thức định tuyến AODV được sử dụng, các con số ghi trên các bước truyền là giá trị SNR của bước truyền đó. Xét trường hợp nút A muốn khám

phá lộ trình mới đến nút H. Giả sử rằng ở thời điểm hiện tại, bảng định tuyến của tất cả các nút là rỗng. Qua quá trình phát quảng bá gói RREQ và phản hồi gói RREP như ở Hình 3, nút A nhận được 3 gói RREP tương ứng với 3 lộ trình có thể sử dụng là $A \rightarrow E \rightarrow C \rightarrow H$, $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow H$ và $A \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow I \rightarrow H$. Theo nguyên lý của AODV, lộ trình có số bước truyền nhỏ nhất sẽ được chọn để truyền dữ liệu. Trong trường hợp này, AODV sẽ chọn lộ trình $A \rightarrow E \rightarrow C \rightarrow H$ hoặc $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow H$.

Với kết quả khám phá lộ trình như trên, giả sử rằng nguyên lý hoạt động của tất cả các nút là AF, theo phương trình (1) ta có, SNR của lộ trình $A \rightarrow E \rightarrow C \rightarrow H$ là 23.87 dB và SNR của lộ trình $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow H$ là 20.2 dB. Xét trường hợp kỹ thuật điều chế 128-QAM được sử dụng và BER yêu cầu là 10^{-9} . Theo [5], SNR yêu cầu tối thiểu phải là 24 dB. Như vậy, cả hai lộ trình tìm được ở trên đều không thỏa mãn điều kiện ràng buộc về QoT. Với tô pô ở Hình 3, từ A đến H có thể sử dụng lộ trình $A \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow I \rightarrow H$. Mặc dù tổng số bước truyền của lộ trình này là 4, nhưng SNR là 24.1 dB. Giá trị này thỏa mãn điều kiện ràng buộc của QoT, đồng thời tốt hơn SNR của lộ trình 3 bước truyền mà $A \rightarrow E \rightarrow C \rightarrow H$ mà giao thức AODV đã chọn.

Các kết quả phân tích ở trên cho ta thấy rằng, với các giao thức định tuyến theo yêu cầu, có một số trường hợp lộ trình được chọn không thỏa mãn QoT theo yêu cầu. Vì vậy, QoT của các lộ trình tìm được là điều cần phải được xem xét trong các thuật toán định tuyến. Đặc biệt là trong các hệ thống mạng MANET với vùng diện tích rộng, mật độ nút cao.



Hình 3: Một ví dụ khám phá lộ trình trong mạng MANET sử dụng giao thức định tuyến AODV

IV. ĐỊNH TUYẾN QoT TRONG MẠNG MANET

Định tuyến QoT là kỹ thuật định tuyến mà trong đó các tham số về QoT được xem xét trong quá trình khám phá lộ trình, nhằm đảm bảo QoT của các lộ trình truyền dữ liệu. Trong thời gian gần đây, kỹ thuật định tuyến QoT trong mạng MANET đã được một số nhóm nghiên cứu triển khai. Có hai phương pháp hiện đang được các nhóm nghiên cứu sử dụng để đưa các điều kiện ràng buộc về QoT vào các thuật toán định tuyến. Một là, ràng buộc QoT thông qua hàm trọng số [8]. Hai là, ràng buộc QoT thông qua các gói điều khiển [9], [10], [11].

A. Ràng buộc QoT thông qua hàm trọng số

Với phương pháp này, hàm trọng số của các kết nối trong mạng được xây dựng có chứa các tham số về QoT, thuật toán định tuyến dựa trên hàm trọng số này để lựa chọn lộ trình. Nhóm tác giả trong [8] đã đề xuất một hàm trọng số phản ánh tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu trung bình WSA (Weighted Signal to noise ratio Average) cho giao thức định tuyến DSDV. Hàm trọng số WSA sử dụng thông tin về SNR được cung cấp bởi lớp vật lý để xác định chất lượng của các kết nối trong mạng. Kết quả mô phỏng đã cho thấy rằng, với việc sử dụng hàm trọng số WSA, hiệu năng của mạng MANET được cải thiện về mặt thông lượng và độ trễ. Trong [12], một giao thức định tuyến được đề xuất cho mạng tùy biến không dây sử dụng các tham số về năng lượng còn lại và chất lượng kết nối để lựa chọn lộ trình. Nhóm tác giả của [12] đã đề xuất một hàm trọng số cho các kết nối (Cost Function - CF). CF bao gồm hai thành phần, chất lượng kết nối (Link Quality - LQ) và năng lượng sẵn sàng (Available Energy - AE). LQ được xác định dựa trên SNR của mỗi kết nối. Bằng phương pháp mô phỏng, các tác giả đã cho thấy rằng hiệu năng mạng được cải thiện về mặt tỷ lệ truyền gói dữ liệu thành công, chi phí khám phá lộ trình và năng lượng của các nút.

Cũng với phương pháp xem xét điều kiện ràng buộc QoT thông qua hàm trọng số, nhóm tác giả trong [13] đã nghiên cứu đề xuất một hàm trọng số phản ánh nhiễu được đặt tên IARM (Interference Aware Routing Metric). Hàm trọng số IARM gồm có hai thành phần, chất lượng các kết nối và tỷ lệ tổn thất gói dữ liệu. Các thành phần này được dự đoán bằng phương pháp thăm dò. Sau đó, hàm trọng số IARM được tích hợp với giao thức OSLR bằng cách chỉnh sửa mô đun tính toán định tuyến của giao thức này. Mức độ cải thiện hiệu năng mạng khi sử dụng hàm trọng số IARM so với hàm trọng

số mặc định của giao thức OSLR được các tác giả chứng minh bằng phương pháp mô phỏng trên NS-2. Các tham số hiệu năng được đánh giá bao gồm trễ trung bình, tỷ lệ chuyển phát gói tin, tỷ lệ tổn thất gói tin và thông lượng trên toàn mạng. Kết quả mô phỏng đã chứng minh rằng, với hàm trọng số IARM được đề xuất, hiệu năng mạng cải thiện một cách đáng kể so với giao thức OSLR.

B. Ràng buộc QoT thông qua các gói điều khiển

Với các giao thức định tuyến trong mạng MANET, việc khám phá lộ trình mới được thực hiện bằng cách phát quảng bá gói RREQ và phản hồi gói RREP. Vì vậy, thông tin về QoT trên các kết nối có thể trao đổi thông qua các gói điều khiển này. Nhóm tác giả trong [9] đã đề xuất một giao thức định tuyến cải tiến của AODV sử dụng mô hình xuyên lớp có xét đến QoT, được đặt tên là SDP (SNR, Delay and Power). Cụ thể, các tác giả đã thêm một trường có tên LC (Link Cost) vào gói RREP. LC chứa ba thành phần, tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (SNR), độ trễ (Delay) và thời gian tồn tại của nút (node lifetime). Thời gian tồn tại được xác định bằng nguồn nuôi của nút. Dựa trên giá trị LC trong gói RREP, thuật toán định tuyến sẽ lựa chọn lộ trình có giá trị LC tốt nhất để truyền dữ liệu. Hiệu quả thực thi của giao thức SDP được đánh giá bằng phương pháp mô phỏng, so sánh với giao thức AODV. Kết quả mô phỏng đã cho thấy rằng, giao thức SDP mang lại tỷ lệ truyền gói dữ liệu thành công cao hơn, thông lượng cao hơn và thời gian trễ thấp hơn so với giao thức AODV.

Trong [10], một thuật toán định tuyến có xét đến các tham số SNR và công suất thu (RP - Received Power) đã được đề xuất với mục tiêu lựa chọn lộ trình truyền dữ liệu có SNR và RP tốt nhất. Thuật toán được cải tiến trên nền thuật toán DSR và AODV bằng cách tích hợp thêm hai trường vào gói RREP, với độ dài của mỗi trường là 8 bits để chứa thông tin SNR và RP. Sau đó, dựa trên thông tin của các trường SNR và RP, thuật toán định tuyến sẽ lựa chọn lộ trình có chất lượng tín hiệu truyền dẫn tốt nhất. Để đánh giá hiệu quả thực thi của thuật toán được đề xuất ở trên, các tác giả đã thực thi mô phỏng trên phần mềm OPNET Moduler 14.5. Các tham số hiệu năng được đánh giá là tỷ lệ truyền gói tin thành công, trễ truyền tải trung bình và chi phí hoạt động. Một phương pháp khác đã được sử dụng cho việc nghiên cứu các thuật toán định tuyến ràng buộc ảnh hưởng của các hiệu ứng vật lý trong mạng MANET là đưa các tham số vật lý vào hàm

trọng số của các kết nối. Sau đó, thuật toán định tuyến sẽ lựa chọn lộ trình có tổng trọng số nhỏ nhất theo nghĩa chịu ảnh hưởng nhỏ nhất của các hiệu ứng vật lý.

Nhóm tác giả trong [11] cũng đã đề xuất một cơ chế khám phá lộ trình cải tiến của giao thức AODV, được đặt tên là SNR based AODV. Nguyên lý của giao thức SNR based AODV là lựa chọn lộ trình dựa trên thông tin về SNR ở lớp vật lý thay cho tổng số bước truyền của giao thức AODV. Để thực hiện điều này, các tác giả trong [11] đã sử dụng trường *Reserved* của gói RREQ để lưu trữ thông tin về SNR. Trường này có 9 bits, giá trị của tất cả các bit được thiết lập bằng 0 trong giao thức AODV. Với giao thức SNR based AODV, bit đầu tiên của trường *Reserved* được sử dụng để nhận diện giao thức định tuyến, 1 cho giao thức SNR based AODV và 0 cho giao thức AODV. 8 bits còn lại được sử dụng để lưu trữ giá trị SNR. Bằng phương pháp mô phỏng trên phần mềm OPNET Moduler, các tác giả của [11] đã chứng minh rằng, giao thức SNR based AODV thực thi hiệu quả hơn giao thức AODV truyền thống.

Ngoài các phương pháp đã nêu ở trên, phương pháp sử dụng lý thuyết logic mờ để nghiên cứu các thuật toán định tuyến ràng buộc ảnh hưởng của các hiệu ứng vật lý trong mạng MANET cũng đã được triển khai. Nhóm tác giả trong [14] đã sử dụng lý thuyết logic mờ để đề xuất một thuật toán định tuyến có tên ERPN (Efficient Routing Protocol under Noisy Environment). Các hiệu ứng vật lý được xem xét thông qua các tham số cường độ tín hiệu và hệ số nhiễu. Các tác giả đã chứng minh rằng, thuật toán định tuyến ERPN mang lại tỷ lệ truyền gói tin thành công và thông lượng cao hơn, giảm số kết nối bị lỗi và giảm tỷ lệ lỗi bit so với các thuật toán định tuyến truyền thống.

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu đã được đề cập ở trên, chúng tôi nhận thấy rằng, kỹ thuật định tuyến QoT trong mạng MANET đã được một số nhóm tác giả triển khai theo một số phương pháp khác nhau. Nhóm nghiên cứu của chúng tôi đã tiếp tục phát triển hướng nghiên cứu này. Chúng tôi đã đề xuất thuật toán QTA-DSR (Quality of Transmission Aware DSR) sử dụng mô hình xuyên lớp kết hợp với công nghệ tác tử [15]. Nguyên lý của thuật toán QTA-DSR là sử dụng các thông tin về QoT như SNR, BER và thời gian trễ để làm các điều kiện ràng buộc trong quá trình định tuyến. Các thông tin này được thu thập và xử lý bởi một tác tử tĩnh (Stationary Agent - SA) ký sinh tại mỗi nút có

cấu trúc theo mô hình xuyên lớp. Các thông tin QoT cũng được trao đổi giữa các nút thông qua gói RREQ, được mỗi nút gửi quảng bá đến tất cả các nút láng giềng của nó trong quá trình khám phá lộ trình. Mỗi khi nhận được gói RREQ, dựa trên các thông tin về QoT mà SA thu thập được và thông tin QoT trong gói RREQ, SA có thể dự đoán trước QoT của các lộ trình, để từ đó lựa chọn được lộ trình thỏa mãn điều kiện ràng buộc về QoT cho trước. Kết quả mô phỏng đã chứng minh rằng, thuật toán QTA-DSR lựa chọn được các lộ trình đảm bảo QoT. Vì vậy, SNR của các lộ trình truyền dữ liệu tốt hơn, dẫn đến BER giảm so với thuật toán DSR. Điều này cho phép giảm thiểu xác suất gói dữ liệu bị hủy bỏ so không thỏa mãn điều kiện ràng buộc của chất lượng truyền dẫn. chính vì vậy, thông lượng mạng tăng.

V. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THẢO LUẬN

Để đánh giá ảnh hưởng của các hiệu ứng vật lý đến việc truyền dữ liệu qua mạng MANET, chúng tôi đã tiến hành mô phỏng để phân tích SNR của các lộ trình truyền dữ liệu, xác suất gói dữ liệu bị hủy bỏ và thông lượng mạng. Mô phỏng được triển khai trên OMNeT++ [16]. Các giả thiết mô phỏng được thiết lập như trong Bảng II.

Bảng II: Các tham số mô phỏng

Tham số	Thiết lập	Tham số	Thiết lập
Vùng mô phỏng	1000 × 1000m	Vùng phủ sóng	25 m
Giao thức MAC	802.11ac	Dạng điều chế	256-QAM
Công suất phát	19.5 dBm	Độ nhạy thu	-68 dBm
Ngưỡng BER	10 ⁻⁶	SNR yêu cầu	23.5 dB
Mô hình nhiễu	Nhiều nhiệt	Nhiệt độ	300 ^o K
Tốc độ di chuyển	0 - 20 m/s	Tổng số nút	20 - 50
Thời gian mô phỏng	40 m	Mô hình truyền sóng	Không gian tự do
Tổng số nguồn phát	30% tổng số nút		

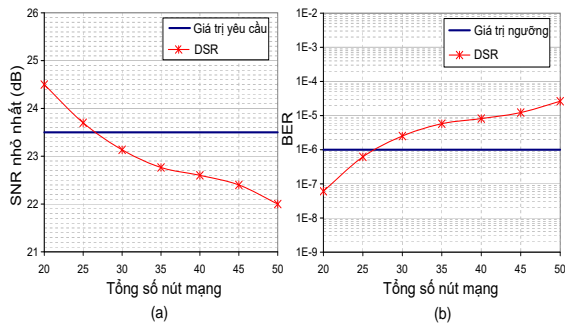
A. Kết quả mô phỏng giao thức DSR

Các đồ thị ở Hình 4a cho ta thấy giá trị SNR nhỏ nhất theo 6 kịch bản mô phỏng khác nhau, tổng số nút mạng thay đổi từ 20 đến 50. Ta thấy rằng, SNR tăng dần theo tổng số nút mạng. Khi tổng số nút mạng nhỏ hơn 30, thì SNR luôn đạt giá trị SNR yêu cầu để đảm bảo QoT (lớn hơn 23.5 dB). Nhưng khi tổng số nút mạng từ 30, SNR bắt đầu giảm xuống dưới giá trị tối thiểu yêu cầu. Ví dụ như, trường hợp 40 nút, giá trị SNR nhỏ nhất là 22.6 dB. Giá trị này không thỏa mãn điều kiện ràng buộc về QoT. Vì SNR giảm dần theo tổng số nút mạng, nên BER

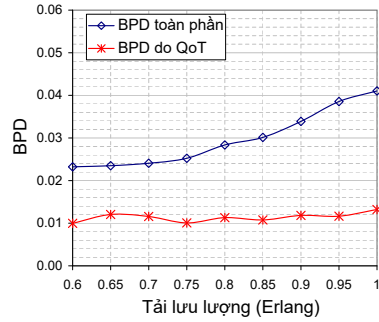
tăng dần như cho thấy trên Hình 4b. Giá trị BER ở đây là BER của lộ trình có QoT xấu nhất. Ta thấy rằng, với ngưỡng BER yêu cầu là 10^{-6} , hệ thống mạng chỉ đảm bảo yêu cầu này khi tổng số nút nhỏ hơn 30. Còn khi tổng số nút tăng từ 30 đến 50, BER tăng dần từ 2.5×10^{-6} đến 2.6×10^{-5} . Các giá trị này vượt ngưỡng BER yêu cầu.

Tiếp theo, chúng tôi phân tích xác suất hủy bỏ gói dữ liệu (Blocking Probability of Data packet - BPD) trên toàn mạng. Kết quả thu được trên Hình 5 cho ta thấy sự thay đổi của BPD theo tải lưu lượng trong trường hợp tổng số nút mạng là 50, tốc độ di chuyển trung bình 5 m/s, băng thông kênh 40 MHz. Ta thấy rằng, BPD tăng dần theo tải lưu lượng. Khi tải lưu lượng tăng từ 0.6 Erlang đến 1 Erlang, BPD tăng từ 0.023 đến 0.041. Trong đó, BPD do không thỏa mãn điều kiện ràng buộc của QoT từ 0.011 đến 0.013. Ta thấy rằng, giá trị BPD chiếm gần 50% trong tổng số BPD của toàn mạng khi tải lưu lượng thấp, nhỏ hơn 0.75 Erlang. Khi tải lưu lượng tăng cao, BPD do QoT gần như ổn định. BPD toàn mạng tăng là do nghẽn lưu lượng.

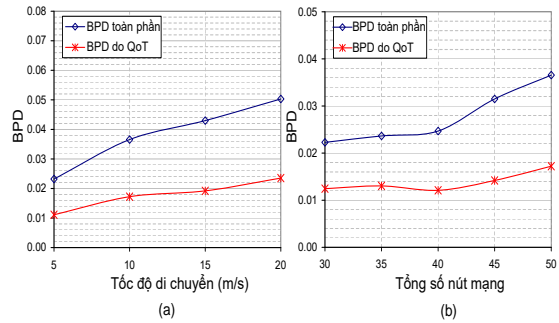
Trong trường hợp thay đổi tốc độ di chuyển và tổng số nút mạng, kết quả thu được như ở Hình 6. Khi tốc độ di chuyển trung bình của mỗi nút tăng dần, BPD cũng tăng dần như cho thấy ở Hình 6a. Trong trường hợp này, tải lưu lượng là 0.6 Erlang và băng thông kênh 40 MHz. BPD tăng từ 0.025 đến 0.05 khi tốc độ di chuyển tăng từ 5 m/s đến 20 m/s. Trong đó, thành phần BPD do không đảm bảo QoT chiếm từ 44% đến 47% trong tổng số BPD của toàn mạng. Khi tổng số nút mạng tăng thì BPD cũng tăng như cho thấy ở Hình 6b. Nguyên nhân là do khi tổng số nút mạng tăng thì ảnh hưởng của các hiệu ứng cũng tăng lên, làm cho thành phần BPD do không đảm bảo QoT tăng lên. Các đồ thị trên Hình 6b cho thấy BPD do QoT chiếm gần 50%



Hình 4: Sự thay đổi của (a) SNR và (b) BER theo tổng số nút mạng khi sử dụng giao thức định tuyến DSR



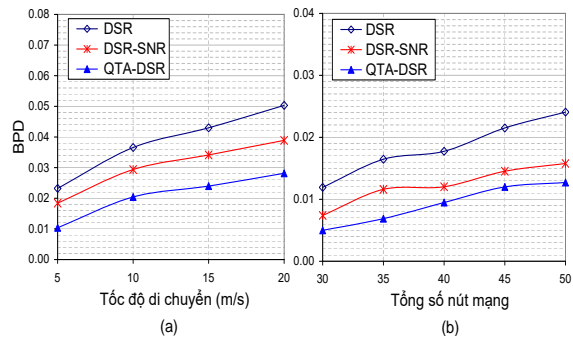
Hình 5: Sự thay đổi của BPD theo tải lưu lượng sử dụng giao thức định tuyến DSR



Hình 6: Sự thay đổi của BPD theo (a) tốc độ di chuyển và (b) tổng số nút mạng, sử dụng giao thức DSR

trong tổng số BBP của toàn mạng.

Qua các kết quả mô phỏng ở trên ta có thể kết luận rằng, trong trường hợp hệ thống mạng MANET có vùng diện tích rộng, mật độ nút cao, sử dụng kênh có băng thông lớn, ảnh hưởng của các hiệu ứng vật lý làm tăng BPD trên toàn mạng. Điều này làm suy giảm hiệu năng mạng. Vì vậy, việc xem xét các điều kiện ràng buộc về QoT trong các thuật toán định tuyến là điều cần thiết, nhằm đảm bảo QoT của hệ thống mạng.



Hình 7: So sánh BPD theo (a) tốc độ di chuyển và (b) tổng số nút mạng của các thuật toán DSR, DSR-SNR và QTA-DSR

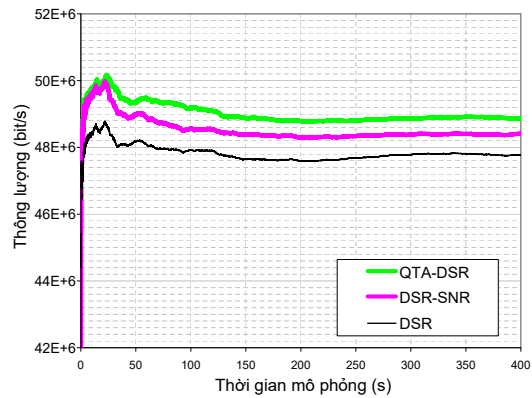
B. Mô phỏng thuật toán QTA-DSR và DSR-SNR

Trong phần này, chúng tôi so sánh hiệu quả thực thi của thuật toán QTA-DSR mà chúng tôi đã đề xuất trong [15] với thuật toán DSR-SNR của nhóm tác giả trong [10]. Ngoài ra, các thuật toán này cũng được so sánh với thuật toán DSR. Trong [10], các tác giả đã mô phỏng thuật toán DSR-SNR trên OPNET simulator 14.5. Để đảm bảo độ tin cậy của các kết quả so sánh, chúng tôi cài đặt thuật toán DSR-SNR trên cùng phần mềm mô phỏng với các thuật toán QTA-DSR và DSR, đó là OMNeT++, đồng thời sử dụng cùng bộ tham số đầu vào như đã mô tả ở Bảng II.

Kết quả mô phỏng trên Hình 7 cho thấy rõ sự khác biệt về BPD của các thuật toán DSR, DSR-SNR và QTA-DSR. Hình 7a là trường hợp tốc độ di chuyển của các nút thay đổi, tổng số nút mạng là 50, băng thông kênh 40 MHz và tải lưu lượng 0.6 Erlang. Ta thấy rằng, đối với cả ba thuật toán, BPD càng cao khi tốc độ di chuyển của các nút mạng càng lớn. Tuy nhiên, trong cả 3 thuật toán, QTA-DSR là thuật toán mang lại giá trị BPD nhỏ nhất. Ví dụ, xét trường hợp tốc độ di chuyển trung bình của các nút là 15 m/s, BPD của các thuật toán DSR, DSR-SNR và QTA-DSR lần lượt là 0.0429, 0.0341 và 0.0239. Như vậy, nếu so với thuật toán DSR, BPD của thuật toán DSR-SNR giảm 20.56%, thuật toán QTA-DSR giảm 44.24%. Khi thay đổi tổng số nút mạng, thuật toán QTA-DSR cũng mang lại hiệu quả cao nhất nếu xét về BPD, điều này cho thấy rõ ở Hình 7b. Trong trường hợp này, tốc độ di chuyển trung bình của mỗi nút là 5 m/s, băng thông kênh 40 MHz và tải lưu lượng 0.7 Erlang. Các đồ thị trên Hình 7b đã cho thấy rằng, nếu so với BPD của thuật toán DSR, BPD của các thuật toán DSR-SNR và QTA-DSR giảm trung bình tương ứng là 33.34% và 50.88%. Như vậy, thuật toán QTA-DSR giảm nhiều hơn 17.54% so với thuật toán DSR-SNR.

Tiếp theo, chúng tôi phân tích thông lượng của cả 3 thuật toán. Xét trường hợp tải lưu lượng là 0.65 Erlang, tổng số nút mạng là 50, tốc độ di chuyển trung bình của các nút là 15m/s và băng thông kênh 40MHz. Thông lượng nhận được trung bình tại nút như cho thấy ở Hình 8. Thuật toán QTA-DSR cho thông lượng cao nhất, trung bình là 48.79 Mbit/s. Giá trị này của các thuật toán DSR-SNR và DSR tương ứng là 48.41 và 47.78 Mbit/s. Như vậy, thông lượng của thuật toán QTA-DSR tăng trung bình 380 Kbit/s và 1.1 Mbit/s nếu so với các thuật toán DSR-SNR và DSR.

Từ các kết quả mô phỏng ở trên, chúng tôi có



Hình 8: So sánh thông lượng của các thuật toán DSR, DSR-SNR và QTA-DSR

thể kết luận rằng, với kỹ thuật định tuyến có xét đến điều kiện ràng buộc QoT (các thuật toán DSR-SNR và QTA-DSR), hiệu năng mạng cải thiện một cách đáng kể về mặt xác suất nghẽn mạng và thông lượng. Trong đó, thuật toán QTA-DSR mang lại hiệu quả cao nhất trong số 3 thuật toán được phân tích.

VI. KẾT LUẬN

Để nâng cao QoT trong mạng MANET có vùng diện tích rộng, sử dụng các kênh truyền có băng thông cao, việc nghiên cứu ảnh hưởng của các hiệu ứng vật lý đến hiệu năng của hệ thống là điều cần thiết. Nội dung bài báo đã tập trung nghiên cứu các hiệu ứng vật lý xảy ra trên lộ trình truyền truyền dữ liệu, tập trung vào các tham số cơ bản ảnh hưởng QoT của một lộ trình. Thông qua việc phân tích một lộ trình cụ thể, nhóm tác giả đã cho thấy rằng, tùy theo chuẩn truyền thông không dây, kỹ thuật điều chế và độ rộng của băng thông kênh được sử dụng, mà các điều kiện ràng buộc về QoT cần phải được xác định phù hợp để đảm bảo hiệu năng của hệ thống mạng. Ngoài ra, ảnh hưởng của các hiệu ứng vật lý đến hiệu năng mạng khi sử dụng các giao thức định tuyến theo yêu cầu cũng đã được phân tích. Kết quả mô phỏng cũng đã chứng minh rằng, ảnh hưởng của các hiệu ứng làm tăng BPD, dẫn đến suy giảm hiệu năng của hệ thống mạng. Vì vậy, để đảm bảo hiệu năng mạng, cần phải xem xét đến các điều kiện ràng buộc về QoT trong các thuật toán định tuyến. Trên cơ sở đó, chúng tôi cũng đã so sánh, đánh giá hiệu năng của mạng MANET khi sử dụng các thuật toán định tuyến có xét đến QoT so với các thuật toán truyền thống. Thông qua mô phỏng, chúng tôi đã chứng minh rằng, kỹ thuật định tuyến QoT cho phép nâng cao hiệu năng mạng về

mặt xác suất hủy bỏ gói dữ liệu và thông lượng.

Trong hướng nghiên cứu tiếp theo, chúng tôi tiếp tục phát triển kỹ thuật định tuyến QoT cho các giao thức định tuyến khác trong mạng MANET, cụ thể là các giao thức định tuyến theo bảng ghi và giao thức định tuyến lai.

TÀI LIỆU

- [1] Y. Zhang, J. Luo, and H. Hu, *Wireless Mesh Networking - Architectures, Protocols and Standards*. Taylor & Francis Group, LLC, 2007.
- [2] S. K. Sarkar, T. G. Basavaraju, and C. Puttamadappa, *Ad Hoc Mobile Wireless Networks - Principles, Protocols, and Applications*. Taylor & Francis Group, LLC, 2008.
- [3] A.-S. K. Pathan, M. M. Monowar, and S. Khan, *Simulation Technologies in Networking and Communications - Selecting the Best Tool for the Test*. CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC, 2015.
- [4] S. Khan, A.-S. K. Pathan, and N. A. Alrajeh, *Wireless Sensor Networks - Current Status and Future Trends*. CRC Press, 2012.
- [5] L. H. Binh, V. T. Tu, and N. V. Tam, “Quality of Transmission Aware Routing in Adhoc networks based on Cross-Layer Model combined with the Static Agent,” *Journal of Computer Science and Cybernetics*, vol. 32, no. 4, pp. 351–366, 2016.
- [6] D. Johnson, Y. Hu, and D. Maltz, “The Dynamic Source Routing Protocol (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4,” *RFC4728*. [Online]. Available: <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc4728.txt>.
- [7] C. Perkins, E. B. Royer, and S. Das, “Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing,” *RFC 3561*. [Online]. Available: <https://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt>.
- [8] M. Elshaikh, M. F. M. Fadzil, N. Kamel, and C. M. N. C. Isa, “Weighted Signal-to-Noise Ratio Average Routing Metric for Dynamic Sequence Distance Vector Routing Protocol in Mobile Ad-Hoc Networks,” in *Proceedings of IEEE 8th International Colloquium on Signal Processing and its Applications (CSPA)*, pp. 329–334, 2012.
- [9] A. Yadav and T. Sharma, “Cross-Layer Approach for Communication in MANET,” *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, vol. 4, pp. 285–292, March 2015.
- [10] F. Alnajjar, “SNR/RP Aware Routing Model for MANETs,” *Journal of Selected Areas in Telecommunications (JSAT)*, pp. 40–48, 2011.
- [11] M. K. Islam and R. K. Liu, “Cross-Layer Optimization of AODV Routing Protocol For Mobile Ad-Hoc Network (MANET),” in *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Science and Electronics Engineering*, (Los Angeles, CA, USA), pp. 1834 – 1837, Atlantis Press, Paris, France, July 2013.
- [12] J. Katiravan, D. Sylvia, and D. S. Rao, “Energy efficient link aware routing with power control in wireless ad hoc networks,” *The Scientific World Journal*, vol. 2015, Article ID 576754, pp. 1–7, 2015.
- [13] H. Y. Adarbah, S. Ahmad, and A. Duffy, “Impact of noise and interference on probabilistic broadcast schemes in mobile ad-hoc networks,” *Journal of Computer Networks*, vol. 88, pp. 178–186, 2015.
- [14] S. Srivastava and A. K. Daniel, “An Efficient Routing Protocol under Noisy Environment for Mobile Ad Hoc Networks using Fuzzy Logic,” *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*, vol. 2, no. 6, pp. 34–39, 2013.
- [15] L. H. Binh, V. T. Tu, and N. V. Tam, “A Method to Evaluate the Performance of Mobile Ad hoc Networks using Analytical Model,” in *Proceedings of the 10th National Conference on Fundamental and Applied Information Technology Research (FAIR’10)*, (Da Nang, Viet Nam), pp. 577–584, Publishing House Natural Science and Technology, Aug. 2017.
- [16] A. Varga, *OMNeT++ Discrete Event Simulation System, Release 4.6*. 2015. [Online]. Available: <http://www.omnetpp.org>.