

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP ĐIỀU KHIỂN TRUY NHẬP PHƯƠNG TIỆN ƯU TIÊN TRÊN CỬA SỔ CẠNH TRANH CHO MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY IoT ĐA SỰ KIỆN

Vũ Thành Vinh*, Nguyễn Thị Thu Hằng**, Lê Hải Châu**

* Trường Đại học Công nghệ thông tin và Truyền thông - Đại học Thái Nguyên,

** Học Viện Công Nghệ Bưu Chính Viễn Thông

Tóm tắt — Trong những năm gần đây, nhu cầu truyền thông dữ liệu cảm biến ưu tiên và thời gian thực ngày càng tăng đặt ra những thách thức mới trên Internet vạn vật (IoT) và các mạng công nghiệp. Dữ liệu ưu tiên là dữ liệu khẩn cấp và quan trọng cần được ưu tiên truyền trước trong thời gian thực. Trong bài báo này, nhằm đáp ứng các yêu cầu trong việc xử lý dữ liệu ưu tiên và nâng cao hiệu năng trong các mạng cảm biến không dây IoT đa sự kiện, chúng tôi đề xuất một giải pháp điều khiển truy cập cho mạng cảm biến không dây đa sự kiện sử dụng cơ chế ưu tiên trên cửa sổ cạnh tranh (PriCA) cho giao thức điều khiển truy cập phương tiện (MAC). Giải pháp được đề xuất có khả năng xử lý yêu cầu truy nhập phương tiện dựa trên độ ưu tiên của dữ liệu cần truyền một cách hiệu quả bằng cách sử dụng giải thuật sắp xếp trên cửa sổ tranh chấp và ưu tiên dữ liệu ở lớp MAC nhằm cho phép dữ liệu có mức độ ưu tiên càng cao thì khung Yêu cầu gửi của nó càng sớm được nút nhận chấp nhận. Chúng tôi cũng phân tích, mô phỏng và đánh giá hiệu năng của mạng sử dụng cơ chế PriCA. Kết quả mô phỏng đạt được cho thấy giải pháp đề xuất giúp cải thiện đáng kể hiệu năng của mạng so với việc sử dụng giao thức MAC tiên nhiệm như TMPQ mới đây.

Từ khóa — Mạng cảm biến không dây, điều khiển truy nhập phương tiện, ưu tiên dữ liệu, cửa sổ cạnh tranh.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, hệ thống IoT (Internet of Things) đang ngày càng thu hút được nhiều sự quan tâm đầu tư nghiên cứu và phát triển của các nhà khoa học và các tập đoàn công nghệ trong và ngoài nước, bởi khả năng ứng dụng rộng rãi trong hầu hết các lĩnh vực của xã hội hiện đại như an ninh, y tế, công nghiệp và nông nghiệp [1-6]. Một trong những đặc điểm nổi bật của hệ thống IoT đó là khả năng cho phép một hay nhiều nhóm thiết bị đa nền tảng và công nghệ, từ đơn giản đến phức tạp được tích hợp để có thể kết nối, chia sẻ dữ liệu, giao tiếp, tính toán và phối hợp với nhau nhằm đưa ra những hỗ trợ quyết định thích hợp và kịp thời xử lý sự cố [3-4]. Là một thành phần quan trọng và

không thể thiếu, mạng cảm biến không dây đa sự kiện đã và đang được tích hợp vào nhiều hệ thống IoT như lưới điện thông minh, tòa nhà thông minh, nông nghiệp thông minh, cảnh báo cháy rừng và dự báo thời tiết [3, 5-8]. Việc tích hợp này đem lại những lợi ích to lớn, nhưng cũng nảy sinh không ít các thách thức và khó khăn cần được nghiên cứu và giải quyết hiệu quả cho mạng cảm biến không dây, trong đó có vấn đề đảm bảo việc truyền dữ liệu có độ tin cậy và tính thời gian thực của hệ thống cảnh báo khẩn cấp khi hoạt động ở môi trường đa sự kiện, với nhiều loại dữ liệu khác nhau và cùng trên một kênh truyền [9-13]. Bên cạnh đó, các cảm biến IoT thông minh hầu hết là các thiết bị hạn chế về năng lực xử lý và năng lượng trong khi được yêu cầu hoạt động trong thời gian dài và không thể thực hiện nhiều tính toán phức tạp. Do đó, để kéo dài tuổi thọ của các mạng cảm biến không dây đa sự kiện thì việc sử dụng năng lượng tiết kiệm và bảo đảm kết nối tin cậy cho các ứng dụng IoT là một trong những yêu cầu cấp thiết trong quá trình thiết kế, triển khai các hệ thống IoT và là một trong các chủ đề nghiên cứu đang rất được quan tâm hiện nay [14]. Để đáp ứng yêu cầu chất lượng dịch vụ (QoS) đa dạng và yêu cầu truyền dữ liệu mức độ ưu tiên khác nhau trong khi vẫn đảm bảo hiệu quả tiêu thụ năng lượng trong mạng cảm biến không dây, nhiều công trình nghiên cứu đã được thực hiện [13, 15-18]. Những nghiên cứu hướng tới việc đảm bảo ưu tiên và tiêu thụ năng lượng hiệu quả được chia thành ba loại chính bao gồm tiếp cận ưu tiên ứng dụng, định tuyến ưu tiên hoặc hàng đợi ưu tiên ở lớp định tuyến và điều khiển truy cập (MAC) ưu tiên. Mỗi cách tiếp cận đều có những ưu và nhược điểm riêng. Các phương pháp tiếp cận lớp cao như ưu tiên ứng dụng và định tuyến có thể cung cấp hiệu suất end-to-end tốt hơn về độ tin cậy và độ trễ thấp, tuy nhiên, chúng có thể gặp khó khăn trong việc đáp ứng hiệu quả tiêu thụ năng lượng. Ngược lại, cách tiếp cận lớp thấp, tức là lớp MAC, có thể giảm thiểu tiêu thụ năng lượng trong khi vẫn đáp ứng chất lượng truyền thông ở một mức độ nhất định. Bởi vì giao thức lớp MAC điều khiển các bộ thu phát vô tuyến tiêu thụ năng lượng nhiều nhất, nó ảnh hưởng lớn đến hiệu quả năng lượng của mạng cảm biến không dây. Đó là lý do tại sao giao thức MAC đóng một vai trò quan trọng và cần được nghiên cứu, phát triển một cách hiệu quả. Để giải quyết vấn đề trên, nhiều giao thức MAC cho WSN cũng đã được nghiên cứu và đề

Tác giả liên hệ: Nguyễn Thị Thu Hằng,

Email: hangntt@ptit.edu.vn

Đến tòa soạn: 28/7/2021, chỉnh sửa: 22/10/2021, chấp nhận đăng: 25/10/2021.

xuất [13]. Nhìn chung, các tiếp cận truyền thống chỉ giải quyết một cách riêng lẻ hoặc một phần các vấn đề về chất lượng dịch vụ (QoS), mức độ ưu tiên hay hiệu quả năng lượng trong WSN.

Mặt khác, mạng cảm biến không dây đa sự kiện (MWSN) trong đó dữ liệu từ các cảm biến khác nhau được truyền đồng thời đến thiết bị nhận [16] với các yêu cầu khác nhau về QoS. Một vài dữ liệu sự kiện như dữ liệu điều khiển, bất thường/dữ liệu cảnh báo,... có thể cần phải được phục vụ ngay lập tức và tin cậy trong khi loại dữ liệu thông thường khác như nhiệt độ, độ ẩm ... lại có thể không có các đòi hỏi quá cao như truyền tuyệt đối chính xác hoặc truyền theo thời gian thực. Tuy nhiên, theo khảo sát của chúng tôi, chỉ có một số nghiên cứu xem xét kịch bản của nhiều sự kiện trong đó nhiều sự kiện cấp độ ưu tiên/QoS khác nhau xảy ra đồng thời [13, 19-23]. Các đề xuất này khó hoặc có thể không thực hiện được do các hạn chế thực tế của cảm biến hoặc có hạn chế số mức ưu tiên. Trong [19], các tác giả đã trình bày một cơ chế MAC chu kỳ nhiệm vụ thích ứng dựa trên lý thuyết hàng đợi và không phù hợp với giới hạn bộ nhớ cảm biến. Các công trình khác trong [13,21] đã phát triển các sơ đồ định tuyến đa đường nhưng các đề xuất của họ yêu cầu mức tiêu thụ điện năng cao do tăng chi phí định tuyến đa hướng và độ phức tạp cao. Nghiên cứu [20] đề xuất một cơ chế ưu tiên truyền gói dữ liệu mà có phân biệt dữ liệu bất thường và dữ liệu bình thường, tuy nhiên, phương pháp này chỉ xem xét hai loại dữ liệu và đã cố gắng để làm giảm trễ của gói bất thường bằng cách sử dụng một bit ưu tiên trong khung dành riêng cho vị trí của nó.

Trong bài báo này, để đáp ứng một cách hiệu quả yêu cầu chất lượng dịch vụ đa dạng đồng thời của các hệ thống WSN IoT đa sự kiện, chúng tôi đề xuất giải pháp điều khiển truy nhập phương tiện ưu tiên trên cửa sổ cạnh tranh (viết tắt là PriCA - Priority-based Contention Avoidance). Giải pháp điều khiển lớp MAC đề xuất của chúng tôi được dựa trên sự kết hợp của cơ chế tránh xung đột theo mức ưu tiên dựa trên cửa sổ tranh chấp. Chúng tôi cũng đánh giá hiệu suất của mạng WSN IoT đa sự kiện sử dụng giải pháp điều khiển lớp MAC được đề xuất của chúng tôi bằng cách sử dụng phương pháp mô phỏng số. Các kết quả thu được đã chứng minh rằng giải pháp đề xuất vượt trội hơn giao thức MAC tương đương, như là TMPQ MAC về hiệu năng thông qua trễ gói thấp, tỷ lệ truyền thành công cao mà vẫn đảm bảo hiệu quả năng lượng.

Phần còn lại của bài báo được tổ chức như sau. Phần II giới thiệu nội dung giải pháp đề xuất PriCA và các phân tích lý thuyết tương ứng. Phần III trình bày kết quả mô phỏng và đánh giá hiệu năng của PriCA so với giải pháp MAC tiêu biểu là TMPQ và Phần IV là kết luận của bài báo.

II. GIẢI PHÁP ĐỀ XUẤT

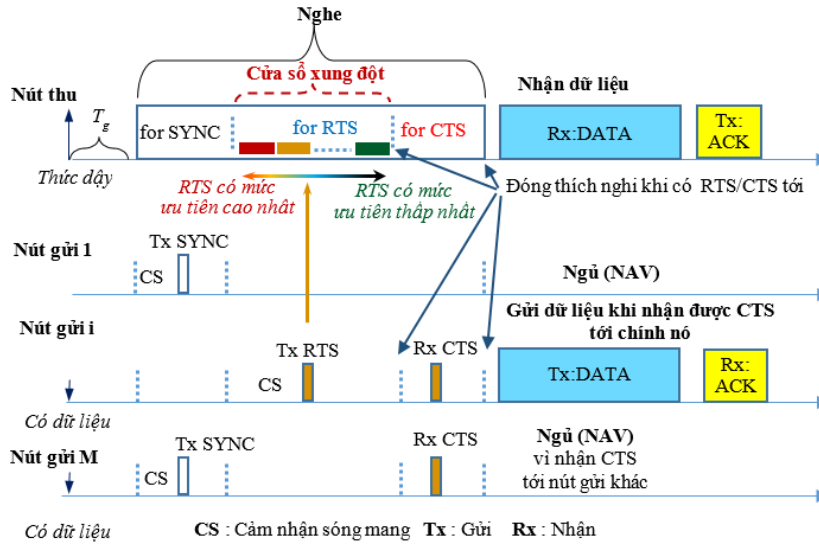
Để phát triển giao thức MAC dựa trên mức độ ưu tiên đa sự kiện cho các mạng cảm biến không dây IoT đa sự kiện hỗ trợ các yêu cầu truyền thông khác nhau và vẫn đảm bảo hiệu quả năng lượng, ý tưởng của chúng tôi là áp dụng cơ chế chu kỳ nhiệm vụ, được biết đến như một trong những các phương pháp tiếp cận tiết kiệm năng lượng tốt

nhất [24] trong khi xem xét và phân chia cửa sổ xung đột theo mức độ ưu tiên đa sự kiện [25].

A. Hoạt động MAC của PriCA

Tương tự như SMAC, một trong những giao thức MAC ban đầu cho WSN và dựa trên giao thức theo chu kỳ nhiệm vụ đồng bộ [24], PriCA MAC được đề xuất của chúng tôi sử dụng chu kỳ nhiệm vụ với khoảng thời gian hoạt động và thời gian ngủ được cố định trong suốt thời gian tồn tại, tùy thuộc vào yêu cầu ứng dụng. Trong giải pháp này, chúng tôi cũng triển khai cơ chế bắt tay RTS/CTS (Request-To-Send/Clear-To-Send) để tránh xung đột, nghe lén và các vấn đề đầu cuối ẩn. Khi một nút muốn gửi một gói tin, nó sẽ gửi RTS đến đích ngẫu nhiên trong cửa sổ tranh chấp, RTS chứa thời gian cần thiết cho nút hoàn thành việc truyền dữ liệu (biểu hiện bằng giá trị NAV - Network Allocation Vector trong bản tin RTS). Dựa trên đó, các nút khác khi nhận được RTS sẽ ngủ trong thời gian NAV. Điều này sẽ giúp tiết kiệm năng lượng trong khi tránh xung đột việc gửi RTS của các nút còn. Sau đó nút nhận sẽ gửi CTS để xác nhận việc truyền dữ liệu. Nút gửi bắt đầu truyền dữ liệu sau khi nhận được gói CTS tới chính mình. Nút nhận dữ liệu trả lời bằng bản tin ACK sau khi nhận được dữ liệu. Mặc dù thực tế là SMAC sử dụng năng lượng hiệu quả và đảm bảo độ trễ tương đối thấp do cửa sổ cạnh tranh nhỏ và gửi CTS ngay khi nhận được RTS đầu tiên. Tuy nhiên, SMAC thiếu cơ chế ưu tiên cho nhiều loại dữ liệu, có nghĩa là tất cả các gói đã được xử lý theo cách như nhau và không phân biệt độ ưu tiên dẫn tới việc các gói có cùng độ trễ và độ tin cậy trung bình. Vì vậy, để phù hợp với việc có nhiều loại dữ liệu yêu cầu khác nhau về QoS, cần có cơ chế phân loại dữ liệu và ưu tiên để phục vụ tính ưu tiên về trễ và tin cậy. Dựa trên cơ chế PriCA, chúng tôi đề xuất giao thức PriCA MAC trên cơ sở kế thừa ý tưởng ưu tiên dữ liệu của MPQ [23] và TMPQ MAC [15] trong cửa sổ xung đột. Có bốn mức ưu tiên được sử dụng để phân biệt các loại dữ liệu là: cấp bách, quan trọng nhất, quan trọng và bình thường.

Hình 1 thể hiện nguyên tắc hoạt động của giải pháp điều khiển truy nhập phương tiện PriCA, trong đó thông tin về mức độ ưu tiên dữ liệu từ lớp ứng dụng được truyền qua lớp định tuyến đến lớp MAC. Vì vậy, lớp MAC của nút gửi có thể điều chỉnh kích thước và vị trí cửa sổ tranh chấp của nó bằng dữ liệu theo mức ưu tiên trong khi lớp MAC của nút thu hoạt động theo cùng một cách với SMAC. Cửa sổ tranh chấp trong hình là ảo vì nó sẽ đóng khi nhận được một RTS, sau đó nút nhận bắt đầu gửi CTS và đợi dữ liệu từ nút gửi. Ví dụ, nếu nút gửi và có dữ liệu để gửi và dữ liệu có mức ưu tiên cao thì nút gửi có cơ hội gửi RTS trước nút gửi khác có mức ưu tiên thấp hơn. Khi đó, RTS của nút



Hình 1. Mô tả hoạt động MAC của PriCA

gửi có mức ưu tiên cao sẽ được gửi trước và sẽ đến nút nhận trước, nút gửi sẽ nhận được CTS của mình từ nút nhận. Sau đó, nút gửi gửi dữ liệu của mình trong khi những nút gửi khác tạm ngủ trong thời gian truyền dữ liệu đó.

RTS được gửi từ một nút gửi với cửa sổ xung đột thay đổi theo mức độ ưu tiên dữ liệu. Trong cơ chế này, nếu một nút gửi có dữ liệu, nó sẽ lắng nghe môi trường để kiểm tra xem kênh truyền đó có rỗi hay không và gửi RTS của nó một cách ngẫu nhiên trong cửa sổ tranh chấp ảo đã thay đổi kích thước và vị trí của nó. Nếu nút gửi nhận thấy kênh truyền đang bận, nó sẽ lại quay lại cảm nhận kênh truyền đó. Thời gian bắt đầu gửi RTS là ngẫu nhiên để tránh xung đột của các RTS cùng mức ưu tiên từ nhiều nút gửi.

1:	procedure ĐÌNH VỊ CỬA SỔ VÀ GỬI RTS
2:	for mỗi nút gửi i
3:	Trích loại dữ liệu và xác định mức ưu tiên j tương ứng
4:	Xác định và gán cửa sổ ưu tiên mức j ở vị trí ưu tiên và kích thước là $CW_j = CW/4$
5:	while cảm nhận kênh truyền đo
6:	if kênh truyền rỗi then
7:	Ở thời điểm được gán, nút gửi gửi RTS của nó ngẫu nhiên trong cửa sổ xung đột được gán ở trên.
8:	else
9:	continue
10:	endif
11:	endwhile
12:	endfor

Hình 2. Cơ chế gửi RTS trong PriCA MAC

Vì vậy, trong PriCA MAC, RTS (như Tx-Beacon trong TMPQ) của dữ liệu gói có mức ưu tiên cao nhất sẽ có cơ hội để xuất hiện trước RTS có mức ưu tiên thấp hơn, chính là cửa sổ con đầu tiên (bên trái) của cửa sổ tranh chấp (Hình 2), do đó trễ gói dữ liệu ưu tiên cao sẽ thấp hơn so với trễ gói của các dữ liệu có mức ưu tiên thấp hơn. Bằng cách đó, giao thức PriCA MAC sẽ rút ngắn thời gian chờ

đợi nhận CTS của nút gửi, có thể so với TMPQ, việc gửi trước CTS cũng sẽ giúp nút gửi khác biết để tránh gửi RTS của chúng và tạm ngủ trong suốt thời gian NAV, do đó mạng sẽ tiết kiệm năng lượng ngay từ khi nhận CTS. Trong khi với TMPQ, cửa sổ chỉ đóng khi nhận được RTS có mức ưu tiên cao nhất hoặc chỉ đóng khi hết giá trị T_w nếu không nhận được RTS có mức ưu tiên cao nhất, nghĩa là sẽ có nhiều RTS cùng gửi cho tới khi cửa sổ đóng lại, như vậy sẽ có thể có xung đột RTS trong suốt thời gian T_w và các nút sẽ thức trong suốt khoảng thời gian đó.

B. Phân tích lý thuyết hiệu năng

1) Các giả định và ký hiệu

Trong bài báo này, xem xét giả định là mạng có số lượng nút gửi hạn chế và một nút sink là nút nhận ở trung tâm. Tất cả nút gửi và nút nhận đều nằm trong phạm vi truyền của nhau. Kích bản được chọn cho IoT và các ứng dụng công nghiệp chỉ giới hạn trong các mạng độc lập nhỏ như trong vườn nông nghiệp thông minh hoặc nhà thông minh. Ngoài ra, các giả định và ký hiệu sau được sử dụng:

- CSMA/CA với cửa sổ tranh chấp cho RTS được sử dụng cho PriCA MAC trong khi CSMA p-persistent được sử dụng cho TMPQ MAC. Do đó, mỗi nút gửi truy cập vào kênh trong trạng thái nhàn rỗi với xác suất là 1 cho PriCA MAC hoặc với xác suất p với TMPQ MAC.
- Có N mức độ ưu tiên được sử dụng, trong đó, xác suất của khung j có mức độ ưu tiên là p_j . Để đơn giản, chúng tôi giả định rằng tất cả các loại khung ưu tiên có xác suất như nhau, điều đó có nghĩa là $p_j = 1/N$ với $j = 1, 2, \dots, N$
- Số nút cạnh tranh gửi là M .
- Kích thước cửa sổ tranh chấp máy thu của PriCA MAC được ký hiệu là CW và nó giống như T_w trong TMPQ MAC.
- Độ trễ lan truyền được giả định là nhỏ đáng kể so với thời gian cảm nhận kênh truyền, do đó, nó bị bỏ qua [26].
- Giá trị truyền lại RTS / TxBeacon tối đa bị giới hạn.

2) Phân tích hiệu năng mạng khi sử dụng các giao thức PriCA MAC và TMPQ MAC

Do sự khác biệt về độ trễ của các gói ưu tiên khác nhau ở lớp MAC phụ thuộc chủ yếu vào thời gian truy cập để gửi RTS [27], trong bài báo này tập trung đánh giá độ trễ

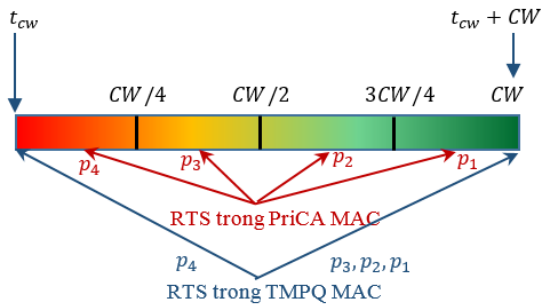
truy cập RTS. Độ trễ truy cập này sẽ bị ảnh hưởng bởi cơ chế gửi và nhận RTS, kích thước RTS và số lượng nút gửi cạnh tranh tại một thời điểm cũng như kích thước của cửa sổ tranh chấp. Để nhanh chóng nắm bắt được sự khác biệt giữa hai giao thức MAC sau đây là phân tích trong kịch bản cố định một và hai nút gửi, sau đó có thể giải thích các trường hợp nhiều nút gửi.

a) Trường hợp một nút gửi

Hình 3 minh họa thời gian trễ gửi RTS khi chỉ có một nút gửi, khi đó không có xung đột và thời gian bắt đầu của cửa sổ xung đột là t_{cw} . Trễ RTS sẽ là $t_{accessMAC}$, được tính bằng thời gian thời gian từ đầu cửa sổ đến thời điểm RTS được chấp nhận bởi nút nhận, ký hiệu là $t_{accepted}$.

Trong PriCA MAC, có nhiều giá trị ưu tiên được gán cho các gói dữ liệu, vì vậy RTS của dữ liệu khác loại ưu tiên sẽ có trễ khác nhau. Với cửa sổ tranh chấp chia thành bốn phần tương ứng với bốn mức ưu tiên, mỗi RTS sẽ được gửi ngẫu nhiên bên trong cửa sổ này. Khi đó, thời gian tới lúc gửi RTS $t_{accessPriCAMAC}$ là điểm giữa của cửa sổ cho mức ưu tiên tương ứng:

$$t_{accessPriCAMAC} = t_{cw} + (4 - (j - 0,5)) \times \frac{CW}{4} + t_{RTS} \quad (1)$$



Hình 3. Thời gian trễ gửi RTS của dữ liệu có mức ưu tiên khác nhau trong PriCA MAC và TMPQ MAC khi có 01 nút gửi tại một thời điểm

Trong TMPQ MAC, RTS với mức ưu tiên cao nhất (p_4) được chấp nhận ngay khi nó đến nút nhận trong khi RTS có mức ưu tiên thấp hơn được chấp nhận tại thời điểm đóng cửa sổ tranh chấp. Trong trường hợp của một nút gửi, trễ RTS truy cập trung bình, $t_{accessTMPQMAC}$, là:

$$t_{accessTMPQMAC} = \begin{cases} t_{cw} + t_{RTS} & \text{if priority level is 4} \\ t_{cw} + CW + t_{RTS} & \text{if lower priority level} \end{cases} \quad (2)$$

b) Trường hợp hai nút gửi

Giả sử rằng có hai nút có dữ liệu cần gửi với dữ liệu có mức ưu tiên là p_4 và p_2 . Vì trong mạng chỉ có một nút nhận nên chỉ một RTS được chấp nhận trong một thời điểm, sau đó các RTS của nút gửi còn lại sẽ trì hoãn hoặc được gửi lại trong chu kỳ tiếp theo. Khi số lượng nút tăng lên thì dẫn tới tăng xung đột và điều này càng làm tăng trễ truyền trung bình.

Đối với PriCA MAC độ trễ sẽ khác nhau cho mỗi loại RTS ưu tiên, RTS có mức ưu tiên p_4 sẽ được gửi ở một phần tư đầu tiên của cửa sổ xung đột và ngay khi RTS này tới nút nhận thì nút gửi còn lại sẽ trì hoãn việc gửi RTS một khoảng thời gian bằng giá trị NAV trong CTS nhận được, sau đó ở chu kỳ sau RTS còn lại (có mức ưu tiên p_2) sẽ được gửi ở cửa sổ tương ứng nằm ở vị trí $3/4$ của cửa sổ

xung đột và cửa sổ xung đột sẽ đóng ngay khi nhận RTS p_2 này.

Đối với TMPQ MAC, khi số lượng nút gửi là 2, giá trị p-persistent, $p_2 = \frac{1}{2}$, RTS của cả hai nút gửi sẽ có thể không được gửi ngay lập tức do nút gửi phải gieo và quyết định gửi hay không [27], vì vậy hai RTS có thể sẽ không được gửi ngay sau khi cửa sổ bắt đầu mở và sẽ có thể rơi vào vị trí bất kỳ trong cửa sổ xung đột và cũng có xác suất nhỏ có xung đột. Có 3 trường hợp xảy ra:

- Không xung đột RTS và RTS p_4 tới trước. Khi đó cửa sổ sẽ đóng lại ngay và nút gửi gói tin ưu tiên p_4 sẽ được truyền dữ liệu sau đó. Nút có RTS p_2 sẽ ngủ trong thời gian NAV và tới chu kỳ sau nó sẽ gửi theo CSMA/CA p-persistent, $p_2 = \frac{1}{2}$ RTS này nếu kịp gieo trong cửa sổ CW thì sẽ được phản hồi vào thời gian cuối khi cửa sổ hết thời hạn. Như vậy trong trường hợp này thời gian trễ do nhận RTS- p_2 ở cuối cửa sổ sẽ lớn hơn so với trường hợp PriCA.
- Không có xung đột RTS và RTS p_4 tới sau RTS p_2 . Khi đó cửa sổ sẽ đóng lại ngay khi RTS p_4 tới bên thu và nút gửi gói tin ưu tiên p_4 sẽ được truyền dữ liệu sau đó. Nút có gói tin ưu tiên loại p_2 sẽ ngủ trong thời gian NAV và tới chu kỳ sau nó sẽ gửi lại RTS theo CSMA/CA p-persistent, $p_2 = \frac{1}{2}$ RTS này nếu kịp gieo trong cửa sổ CW thì sẽ được phản hồi vào thời gian cuối khi cửa sổ hết thời hạn. Như vậy trong trường hợp này thời gian trễ do nhận RTS- p_2 ở cuối cửa sổ sẽ lớn hơn so với trường hợp PriCA, hơn nữa nút có gói tin ưu tiên p_2 sẽ mất một lần truyền lại RTS và mất năng lượng truyền RTS cũng như năng lượng cho cảm biến thức trong suốt thời gian cửa sổ mở. Nếu không được phép truyền lại lần nào thì nút có gói tin ưu tiên p_2 sẽ không được gửi dữ liệu đi và gói bị mất luôn. Như vậy tỷ lệ mất gói của TMPQ sẽ cao hơn so với PriCA, đặc biệt khi số nút gửi đồng thời tăng và số lần gửi lại RTS bị giới hạn.
- Có xung đột RTS (xác suất xung đột này nhỏ, tùy thuộc vào kích thước RTS và băng thông đường truyền). Khi đó cả hai RTS đều bị mất và nếu được phép truyền lại thì chúng lại tiếp tục được gửi theo cơ chế CSMA/CA p-persistent.

Với TMPQ, trong trường hợp nhiều nút cùng gửi thì các RTS ưu tiên thấp hơn sẽ được sắp xếp ở cuối của cửa sổ xung đột và chỉ có một RTS với mức ưu tiên cao hơn được chấp nhận vào thời điểm cuối của cửa sổ xung đột, nên RTS ưu tiên thấp hơn sẽ càng bị trễ lại.

Theo logic phân tích ở trên, với PriCA MAC, RTS ưu tiên cao nhất sẽ có độ trễ thấp nhất trong khi RTS ưu tiên thấp nhất sẽ có độ trễ cao nhất. Trễ RTS TMPQ MAC sẽ cao hơn trễ của PriCA MAC, đặc biệt là nó sẽ cao hơn khi có nhiều nút gửi đồng thời thực hiện gửi dữ liệu. TMPQ cũng sẽ có tỷ lệ xung đột RTS cao hơn cũng như tỷ lệ mất gói RTS cao hơn so với PriCA MAC, điều đó cũng dẫn tới việc mạng sử dụng giao thức TMPQ MAC sẽ sử dụng năng lượng kém hiệu quả hơn so với PriCA MAC.

III. MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ

Phần này trình bày các kết quả mô phỏng để đánh giá và

so sánh hiệu năng WSN IoT đa sự kiện sử dụng giải pháp điều khiển truy nhập phương tiện đề xuất PriCA với giải pháp tiêu biểu TMPQ dựa trên phần mềm mô phỏng Castalia 3.3 [28] và OMNeT++ 4.6 [29] sử dụng CC2420 [30].

A. Tham số mô phỏng

Bảng I trình bày các tham số chính trong mô phỏng. Các nút cảm biến được rải ngẫu nhiên trong vùng cảm biến và kết nối được trực tiếp tới nút thu (sink) ở trung tâm vùng cảm biến. Mỗi nút gửi sẽ gửi các gói dữ liệu của các sự kiện với tốc độ 1 sự kiện trên giây (có nghĩa là một gói dữ liệu trên giây), với số lượng các gói ưu tiên bằng nhau với 4 mức ưu tiên. Mỗi mô phỏng được chạy 20 lần với thời lượng 1000 giây và các thông số hiệu năng được tính bằng giá trị trung bình.

Các thông số hiệu năng được đánh giá trong mô phỏng là:

- **Trễ gói trung bình:** Là tỷ số giữa tổng trễ các gói nhận được với tổng số gói nhận được tại nút thu. Độ trễ của gói tin là khoảng thời gian mà từ khi có dữ liệu cho đến khi nó đến nút thu.
- **Tỷ lệ mất gói:** Là tỷ lệ giữa tổng số gói không tới được nút nhận trên tổng số gói tạo ra từ tất cả các nút cảm biến.
- **Hiệu quả tiêu thụ năng lượng:** Được đánh giá bằng tỷ lệ nghịch của năng lượng trung bình tiêu thụ để truyền thành công một bit dữ liệu (*mJ/bit*). Như vậy, năng lượng tiêu thụ càng ít, hiệu quả càng cao.

B. Phân tích kết quả

1) Trễ gói

Phần này phân tích trễ gói tin khi mức độ cạnh tranh thay đổi, cụ thể là số lượng nút cạnh tranh tăng từ 2 đến 14. Do khi các nút đồng thời gửi yêu cầu gửi dữ liệu RTS nên sẽ có khả năng RTS bị mất do xung đột và vì vậy cơ chế gửi lại RTS được thực hiện. Tùy vào số lượng nút cạnh tranh và yêu cầu độ trễ mà có thể gán giá trị số lần gửi lại tối đa

BẢNG I: THÔNG SỐ MÔ PHỎNG

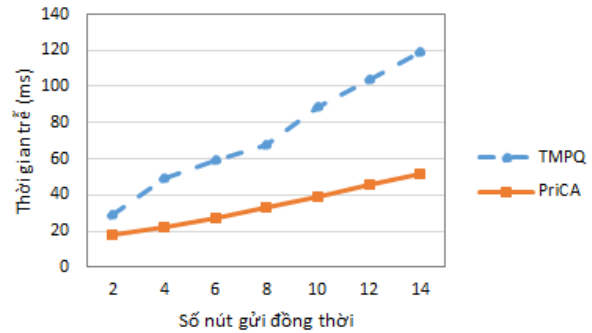
Thông số	Giá trị
Vùng cảm biến	10m x 10m
Số nút gửi	2-14
Số lần cho phép gửi lại RTS (TxRetries)	1-10
Số mức ưu tiên	4
Băng thông	250kb/s
RTS/Tx-Beacon	13/14 byte
CTS/Rx-Beacon	13 byte
Tiêu đề khung MAC	11 byte
Tiêu đề ứng dụng	5 byte
Kích thước gói dữ liệu	28 byte
Kích thước gói ACK	11 byte
CCA	0.128ms
Tiêu đề khung vật lý	6 byte
T_a	6,7ms
CW/T_w	10ms

RTS/TxBeacon cho phù hợp. Trong phân tích ở phần này, số lần gửi lại tối đa RTS/TxBeacon được cố định bằng 7.

a) Trễ gói trung bình

Hình 4 cho thấy độ trễ trung bình của PriCA MAC và TMPQ MAC. Có thể thấy rằng khi số nút gửi tăng, độ trễ

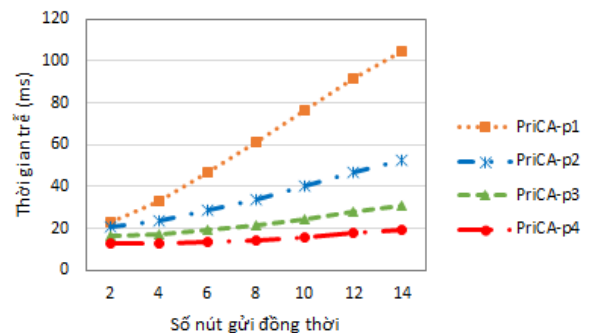
gói là cao hơn vì nhiều RTS được gửi đồng thời gây ra xung đột. Độ trễ gói trung bình của TMPQ MAC từ 28 đến 120 mili giây, giá trị này cao hơn so với PriCA MAC là từ 20 đến 52 mili giây. Các gói dữ liệu PriCA MAC có độ trễ trung bình nhỏ hơn vì RTS của chúng được chấp nhận ngay sau khi gửi chứ không phải chờ đợi như phần lớn gói tin trong TMPQ. Kết quả này phù hợp với phân tích lý thuyết ở phần trước.



Hình 4. So sánh độ trễ gói dữ liệu trung bình chung của PriCA MAC và TMPQ MAC.

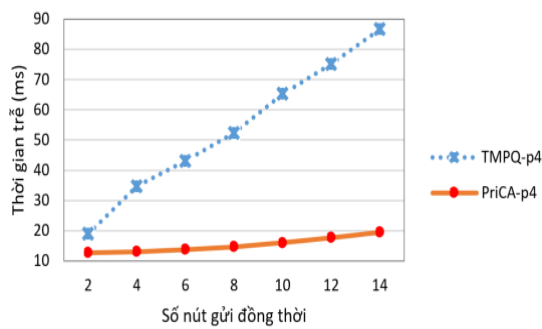
b) Trễ gói có mức ưu tiên khác nhau

Độ trễ gói theo mức ưu tiên gói của PriCA MAC được thể hiện trong Hình 5. Có thể thấy là mức độ ưu tiên của gói tin càng cao thì độ trễ của gói tin càng nhỏ. Các gói dữ liệu có mức ưu tiên cao nhất được ký hiệu là PriCA-p4 có giá trị trễ thấp nhất khoảng từ 12 đến 20 mili giây trong khi các gói cấp độ ưu tiên thấp nhất ký hiệu là PriCA-p1 có độ trễ cao nhất khoảng từ 22 đến 104 mili giây. Hiệu ứng này là phù hợp với lý thuyết phân tích trong phần II.B. Do tỷ lệ tranh chấp ngày càng tăng khi số nút gửi đồng thời tăng, nên độ trễ gói tin tăng lên, hơn nữa, độ khác biệt về trễ của các mức ưu tiên cũng tăng theo. Kết quả này cho thấy thực tế là khi số lượng nút gửi tăng lên, các gói có mức ưu tiên cao nhất được gửi trước, sau đó các gói có mức ưu tiên thấp hơn sẽ được gửi lần lượt, do đó, chênh lệch độ trễ mở rộng theo mức độ ưu tiên.



Hình 5. So sánh độ trễ các loại gói dữ liệu ưu tiên của PriCA MAC.

Hình 6 cho thấy sự so sánh về độ trễ gói ưu tiên cao nhất của giao thức PriCA MAC và TMPQ MAC. Với PriCA MAC, việc chấp nhận ngay RTS đầu tiên tới nút thu làm giảm đáng kể của độ trễ truyền gói trung bình so với TMPQ MAC.



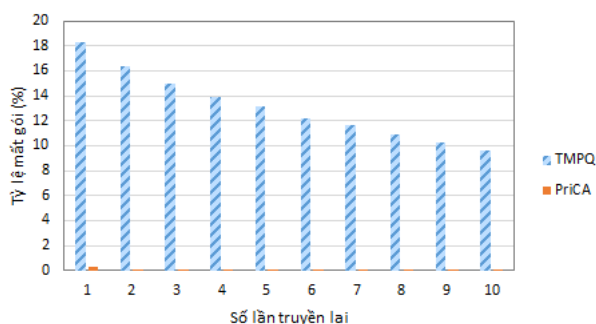
Hình 6. So sánh độ trễ gói dữ liệu ưu tiên cao nhất của PriCA MAC và TMPQ MAC.

Với TMPQ MAC, khi số lượng nút gửi gia tăng, giá trị p-persistent sẽ nhỏ hơn và xác suất gửi RTS được trong cửa sổ là thấp hơn và khung RTS sẽ phải chờ lâu hơn để được gửi đi. Một mặt tốt khác của độ trễ gói PriCA MAC là các gói có mức độ ưu tiên cao nhất có độ tăng trễ khá ổn định và nhỏ hơn nhiều so với TMPQ MAC ngay cả khi số lượng nút gửi tăng. Điều này có thể hữu ích với các ứng dụng thời gian thực trong trường hợp khẩn cấp như trong nguy cơ hỏa hoạn, rò rỉ trong mạng công nghiệp khi nhiều gói dữ liệu từ nhiều nút gửi đang chờ được gửi và trong trường hợp đó, chỉ những gói quan trọng nên được gửi trước.

2) Tỷ lệ mất gói

a) Tỷ lệ mất gói theo sự thay đổi của số lần truyền lại tối đa

Hình 7 thể hiện ảnh hưởng của số lần truyền lại tối đa lên tỷ lệ mất gói khi cố định số nút gửi đồng thời là 8 nút. Có thể thấy số lần truyền lại càng tăng thì tỷ lệ mất gói càng giảm hay tỷ lệ truyền gói thành công càng cao. Tuy nhiên với PriCA MAC chỉ cần số lần truyền lại nhỏ (nhỏ hơn hoặc bằng 2) là có thể đảm bảo truyền tin cậy ở ngưỡng 99,99%, còn với TMPQ MAC thì số lần truyền lại phải lớn tới ngưỡng 10 thì tỷ lệ mất gói mới giảm xuống dưới 10%.

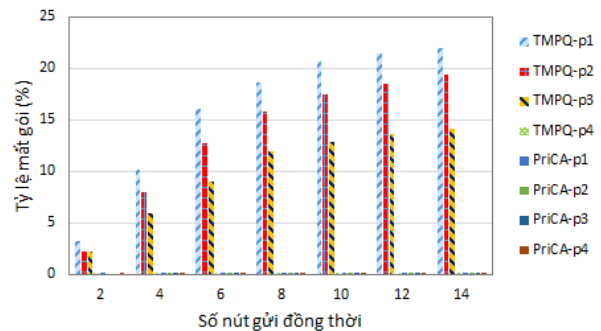


Hình 7. Tỷ lệ mất gói trung bình với giao thức MAC PriCA và TMPQ theo số lần truyền lại RTS.

b) Tỷ lệ mất gói theo sự thay đổi số nút gửi đồng thời

Hình 8 cho thấy tỷ lệ mất của các loại gói có mức ưu tiên khác nhau trong mạng cảm biến sử dụng PriCA MAC và TMPQ MAC với số lần truyền lại RTS là 7 và khi số nút gửi đồng thời thay đổi. Có thể thấy, PriCA MAC giúp mạng hoạt động hiệu quả hơn với tỷ lệ mất gói rất thấp (từ 0% tới dưới 0,01%) với tất cả các loại gói. Việc

chấp nhận RTS tới đầu tiên trong PriCA MAC giúp tránh xung đột không cần thiết kể từ khi tiếp nhận RTS đầu đến cuối của sổ xung đột như TMPQ MAC. Khi số lượng nút gửi đồng thời tăng lên, tần số xung đột tăng lên, dẫn đến tỷ lệ mất gói cao hơn.

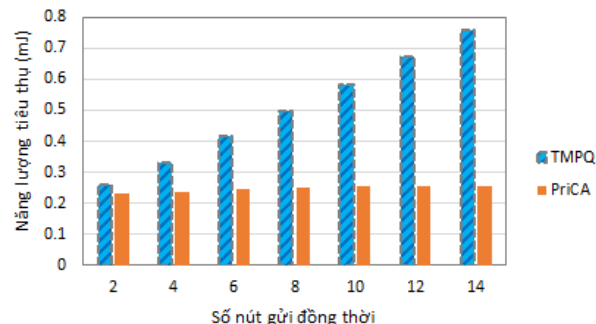


Hình 8. Tỷ lệ mất gói của các loại dữ liệu ưu tiên với giao thức PriCA MAC và TMPQ MAC.

Ở khía cạnh này, TMPQ MAC có tỷ lệ truyền gói tin thành công thấp với các gói tin có mức ưu tiên thấp vì cửa sổ xung đột sẽ mở tới cùng trong trường hợp nút gửi không có mức ưu tiên cao nhất. Đồng thời, xung đột vẫn có thể xảy ra trong thời gian còn lại của cửa sổ, chỉ đến lúc cửa sổ đóng thì nút nhận mới bình xét một RTS có mức ưu tiên cao nhất đã nhận được để phản hồi. Với sự hạn chế của số lần truyền lại, nhiều RTS không được gửi thành công dẫn tới việc nhiều gói dữ liệu không được gửi tới bên nhận.

3) Hiệu quả tiêu thụ năng lượng

Hình 9 cho thấy mức năng lượng tiêu thụ trung bình cho việc truyền thành công dữ liệu với PriCA MAC và TMPQ MAC. Có thể nhận thấy rằng khi số lượng nút gửi tăng lên từ 2 tới 14, mức tiêu thụ năng lượng trung bình khi sử dụng giao thức TMPQ MAC tăng nhanh từ 0,26 mJ đến 0,76mJ. Trong khi đó, với giao thức PriCA MAC mức tiêu thụ này chỉ tăng rất chậm từ 0,23 đến 0,26mJ. Kết quả này phù hợp với phân tích ở phần II, nó cho thấy ưu thế của giao thức PriCA MAC so với TMPQ MAC về hiệu quả sử dụng năng lượng.



Hình 9. So sánh mức tiêu thụ năng lượng (mJ/bit) với giao thức PriCA MAC và TMPQ MAC.

IV. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất một giao thức MAC mới dựa trên mức độ ưu tiên để cải thiện hiệu năng mạng cảm biến không dây IoT đa sự kiện bằng cách xử lý ưu tiên trên cửa sổ cạnh tranh gọi tắt là PriCA MAC. Giải pháp điều khiển truy nhập phương tiện PriCA kết hợp hai cơ chế của giao thức SMAC và MPQ MAC để cải

thiện hiệu năng mạng cảm biến không dây: 1) CSMA/CA với cơ chế chấp nhận RTS sớm nhất và 2) cơ chế ưu tiên trên cửa sổ tranh chấp. Các kết quả mô phỏng và đánh giá hiệu năng mạng cảm biến không dây IoT đa sự kiện ứng dụng giải pháp điều khiển truy nhập được đề xuất so sánh với giải pháp điều khiển truy nhập tiêu biểu mới đây là TMPQ cho thấy giải pháp mới của chúng tôi có khả năng cải thiện đáng kể hiệu năng hệ thống theo độ trễ gói trung bình cho tất cả các loại gói và phân biệt độ trễ gói theo các mức ưu tiên: mức ưu tiên càng cao thì độ trễ gói càng thấp. Trễ đạt được với gói ưu tiên cao nhất của PriCA có thể đảm bảo thời gian thực với các ứng dụng IoT công nghiệp và ứng dụng khẩn cấp. Bên cạnh đó, PriCA đạt tỷ lệ truyền gói thành công cao hơn trong khi nó tiêu thụ ít năng lượng hơn so với TMPQ.

LỜI CẢM ƠN

Cảm ơn Dự án SWITCH SEA, APNIC FOUNDATION đã hỗ trợ cho hoạt động nghiên cứu khoa học của nhóm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. P.P. Ray "A survey on Internet of Things architectures", Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences, Vol. 30, Issue. 3, July 2018, pp. 291–319, <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2016.10.003>
- [2]. J. Gubbi, R. Buyya, "Internet of things (IoT): A Vision, Architectural elements, Future directions", Journal of Future Generation Computer Systems, Elsevier, Vol. 29, Issue. 7, 2013, pp. 1645–1660, <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- [3]. W. Yaïci, K. Krishnamurthy, E. Entchev and M. Longo, "Internet of Things for Power and Energy Systems Applications in Buildings: An Overview," 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2020, pp. 1–6, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160522
- [4]. R. Mehta, J. Sahni and K. Khanna, "Internet of Things : Vision, Applications and Challenges", Procedia Computer Science, Vol. 132, 2018, pp. 1263–1269, doi: 10.1016/j.procs.2018.05.042
- [5]. A. P. Atmaja, A. E. Hakim, A. P. A. Wibowo and L. A. Pratama, "Communication Systems of Smart Agriculture Based on Wireless Sensor Networks in IoT", Journal of Robotics and Control (JRC) Vol. 2, Issue. 4, July 2021, pp. 297–301. <https://doi.org/10.18196/jrc.2495>
- [6]. J. Mabrouki, M. Azrou, D. Dhiba, Y. Farhaoui and S. E. Hajjaji, "IoT-based data logger for weather monitoring using arduino-based wireless sensor networks with remote graphical application and alerts," in Big Data Mining and Analytics, vol. 4, no. 1, pp. 25–32, March 2021, doi: 10.26599/BDMA.2020.9020018.
- [7]. A. Sharma, B. S. Sohi and S. Chandra, "SN Based Forest Fire Detection and Early Warning System". International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, Vol. 8, Issue .9, 2019, pp. 209–214.
- [8]. J. Wang, R. Fang and W. Sun, "QoS Modeling of Wireless Sensor Networks in Smart Distribution Grid Communication". Wireless Personal Communications 95, 2017, pp. 4477–4495. <https://doi.org/10.1007/s11277-017-4096-4>
- [9]. M. A. Imran, S. Hussain, Q. H. Abbasi, "Multiple Access and Resource Sharing for Low Latency Critical Industrial Networks," in Wireless Automation as an Enabler for the Next Industrial Revolution, IEEE, 2020, pp.47–64, doi: 10.1002/9781119552635.ch3.
- [10]. S. Bhandari and X. Wang, "Prioritized Clock Synchronization for Event Critical Applications in Wireless IoT Networks," in IEEE Sensors Journal, vol. 19, no. 16, pp. 7120–7128, 15 Aug.15, 2019, doi: 10.1109/JSEN.2019.2912938.
- [11]. A. Mahgoub, N. Tarrad, R. Elsherif, A. Al-Ali and L. Ismail, "IoT-Based Fire Alarm System," 2019 Third World Conference on Smart Trends in Systems Security and Sustainability (WorldS4), London, United Kingdom, 2019, pp. 162–166, doi: 10.1109/WorldS4.2019.8904001.
- [12]. H. Tran-Dang, N. Krommenacker, P. Charpentier and D. Kim, "Toward the Internet of Things for Physical Internet: Perspectives and Challenges," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 7, no. 6, pp. 4711–4736, June 2020, doi: 10.1109/JIOT.2020.2971736.
- [13]. A. Kumar, M. Zhao, K. Wong, Y. L. Guan and P. H. J. Chong, "A Comprehensive Study of IoT and WSN MAC Protocols: Research Issues, Challenges and Opportunities," in IEEE Access, vol. 6, pp. 76228–76262, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2883391.
- [14]. M. Z. Hasan, H. Al-Rizzo and F. Al-Turjman, "A Survey on Multipath Routing Protocols for QoS Assurances in Real-Time Wireless Multimedia Sensor Networks," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 19, no. 3, pp. 1424–1456, thirdquarter 2017, doi: 10.1109/COMST.2017.2661201.
- [15]. A. N. Sakib, M. Drieberg and A. A. Aziz, "Energy-Efficient Synchronous MAC Protocol based on QoS and Multi-priority for Wireless Sensor Networks," 2021 IEEE 11th IEEE Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE), 2021, pp. 347–352, doi: 10.1109/ISCAIE51753.2021.9431806.
- [16]. M. Radi, B. Dezfouli, S. A. Razak, K. A. Bakar, "LIEMRO: A Low-Interference Energy-Efficient Multipath Routing Protocol for Improving QoS in Event-Based Wireless Sensor Networks," in Proc. SENSORCOMM, Venice, Italy, Jul. 18–25, 2010, pp. 551–557, doi: 10.1109/SENSORCOMM.2010.89.
- [17]. X. Zheng, "Improvement strategy of S-MAC protocol for wireless sensors in IoT based on data and energy priorities," Systems Science & Control Engineering, vol. 7, no 2, pp.1–7, doi: 10.1080/21642583.2019.1608474
- [18]. K. Bhavitha, T. Sravani and B. K. Raju Alluri, "Energy Efficient Channel Accessing Protocol for Wireless Sensor Network," 2018 IEEE International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCA), Pondicherry, 2018, pp. 1–6, doi: 10.1109/ICSCAN.2018.8541220.
- [19]. B. A. Muzakkari, M. A. Mohamed, M. F. A. Kadir and M. Mamat, "Queue and Priority-Aware Adaptive Duty Cycle Scheme for Energy Efficient Wireless Sensor Networks," in IEEE Access, vol. 8, pp. 17231–17242, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2968121.
- [20]. H. Kim, S. Kim, H. Park, "Priority Aware MAC Protocol for Delay-Bounded Applications in Wireless Sensor Networks," in International Journal of Grid and Distributed Computing, October 2018, Vol. 11, No. 10 (2018), pp.41–50, doi: 10.14257/ijgdc.2018.11.10.04.
- [21]. N. T. T. Hang, N. C. Trinh and N. T. Ban, "Energy aware event driven routing protocol and dynamic delivering scheme for multievent wireless sensor network," 2018 2nd International Conference on Recent Advances in Signal Processing, Telecommunications & Computing (SigTelCom), Ho Chi Minh City, 2018, pp. 224–229, doi: 10.1109/SIGTELCOM.2018.8325795.

- [22].T. Kaur and D. Kumar, "QoS mechanisms for MAC protocols in wireless sensor networks: a survey," in IET Communications, vol. 13, no. 14, pp. 2045-2062, Aug. 27, 2019, doi: 10.1049/iet-com.2018.5110.
- [23].S. Sarang, M. Driberg and A. Awang, "Multi-priority based QoS MAC protocol for wireless sensor networks," 2017 7th IEEE International Conference on System Engineering and Technology (ICSET), Shah Alam, 2017, pp. 54-58, doi: 10.1109/ICSEngT.2017.8123420.
- [24].Wei Ye, J. Heidemann and D. Estrin, "Medium access control with coordinated adaptive sleeping for wireless sensor networks," in IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 12, no. 3, pp. 493-506, June 2004, doi: 10.1109/TNET.2004.828953.
- [25].N. T. Thu-Hang, N. C. Trinh, L. H. Chau, V. T. Vinh, D. L. T. Thao (2021), "Priority-Based Collision Avoidance at the Medium Access Control Layer for Multi-event Wireless Sensor Networks", in Proc. 2020 IEEE Eighth International Conference on Communications and Electronics (ICCE), Novotel Phu Quoc Resort, Phu Quoc, Vietnam, January 13 – 15, pp. 576-581.
- [26].K. Voulgaris, A. Gkelias, I. Ashraf, M. Dohler and A. H. Aghvami, "Throughput Analysis of Wireless CSMA/CD for a Finite User Population," IEEE Vehicular Technology Conference, Montreal, Que., 2006, pp. 1-5, doi: 10.1109/VTCF.2006.443.
- [27].N. T. Thu-Hang, N. C. Trinh, N. T. Ban, M. Raza and H. X. Nguyen, "Delay and Reliability Analysis of p-persistent Carrier Sense Multiple Access for Multi-event Industrial Wireless Sensor Networks," in IEEE Sensors Journal, doi: 10.1109/JSEN.2020.3000270.
- [28].T. Boulis, Castalia Version 3.3 Master. Access: August 20, 2020. Web: <https://github.com/boulis/Castalia/releases/tag/3.3>
- [29].A. Varga, OMNeT++ user manual version 4.6, OpenSim Ltd, 2014. Truy nhập được ngày 28/7/2021. Web: <http://www.omnetpp.org>
- [30].Texas Instruments. "CC2420 single-chip 2.4 GHz RF transceiver," Truy nhập được ngày 28/7/2021. Web: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc2420.pdf>



Vũ Thành Vinh là nghiên cứu sinh tại Viện nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hóa (VIELINA). Hiện nay là giảng viên trường Đại học Công nghệ thông tin và Truyền thông - Đại học Thái Nguyên. Lĩnh vực nghiên cứu chính là mạng cảm biến không dây, IoT (Internet of Things), hệ thống nhúng và giao thức lớp MAC trong mạng cảm biến không dây.

Email: vtvinh@ictu.edu.vn



Nguyễn Thị Thu Hằng nhận học vị Tiến sĩ tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông (PTIT), Việt Nam năm 2020. Hiện nay là giảng viên Khoa Viễn thông 1-PTIT. Các lĩnh vực nghiên cứu chính: Mạng truyền thông, mạng cảm biến, IoT, mô phỏng định tuyến QoS và giao thức lớp MAC.

Email: hangntt@ptit.edu.vn



Lê Hải Châu nhận học vị Tiến sĩ tại Đại học Nagoya, Nhật bản năm 2012, hiện đang công tác tại Khoa Viễn thông 1, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Các lĩnh vực nghiên cứu chính bao gồm công nghệ mạng truyền thông, công nghệ quang, IoT và mạng định nghĩa bằng phần mềm.

Email: chaulh@ptit.edu.vn

PRIORITY-BASED COLLISION AVOIDANCE WINDOW SOLUTION OF MEDIUM ACCESS CONTROL IN MULTI-EVENT IoT WIRELESS SENSOR NETWORKS

Abstract— Recently, increasing demand for real time events poses new challenges on the Internet of Things and Industrial Networks. In practical networks, urgent data should be transmitted in real time with high reliability. To cope with the challenges while ensure the network efficiency, in this paper, we develop a priority-based media access control scheme in Multi-event IoT Wireless Sensor Networks called Priority-based Collision Avoidance (PriCA). The proposed scheme uses data prioritizing to adjust contention window at the MAC layer and hence, the most important data can reach the receiver in the shortest time. The network performances of our developed scheme in comparison with that of a popular one named TMPQ are evaluated based on Castalia framework simulator. The obtained results prove that our proposed scheme significantly improves the multi-event-based IoT WSN performance comparing to that of traditional one.

Keywords— wireless sensor networks, medium access control, data priority, contention window.