

# ĐỊNH TUYẾN ĐI VÒNG CHO MẠNG KHÔNG DÂY DỰA VÀO THÔNG TIN ĐỊA LÝ VÀ XOAY TRỤC TỌA ĐỘ CỦA CÁC NÚT MẠNG

## DETOUR ROUTING PROTOCOL FOR WIRELESS NETWORK BASED ON GEOGRAPIC INFORMATION AND COORDINATES ROTATION AXES

Nguyễn Quốc Dũng, Phan Thị Gấm, Trần Thị Thiều Hoa

Trường Đại học Hà Tĩnh; gam.phanthy@htu.edu.vn

**Tóm tắt** - Bài báo giới thiệu một số giao thức định tuyến sử dụng thông tin vị trí địa lý như GPSR, DRQC. Dựa trên phân tích và đánh giá hiệu năng định tuyến của chiến lược phân chia các nút mạng theo góc phần tư trong giao thức DRQC và chiến lược tham lam trong giao thức GPSR, chúng tôi đề xuất thuật toán định tuyến DR-CR (Định tuyến địa lý dựa trên quay trục tọa độ) cho mạng không dây dựa trên tọa độ địa lý của các nút mạng. Giao thức DR-CR sử dụng chiến lược định tuyến phân chia tọa độ các nút theo góc phần tư kết hợp quay trục tọa độ. Để đánh giá hiệu năng của giao thức DR-CR, chúng tôi đã tiến hành thực nghiệm mô phỏng trên NS3, kết quả cho thấy trong trường hợp mạng có các vấn đề vùng trống hiệu năng của giao thức DR-CR tốt hơn DRQC và hơn hẳn GPSR.

**Từ khóa** - đánh giá hiệu năng mạng; giao thức mạng; định tuyến sử dụng thông tin địa lý; network simulator NS3; vấn đề vùng trống.

**Abstract** - This paper introduces a number of routing protocols using geographic location information such as Greedy Perimeter Stateless Routing (GPSR) and Detour Routing based on Quadrant Classification (DRQC). Through analyzing and evaluating performance routing of quadrant classification strategy in the DRQC protocol and greedy strategy in GPSR protocol, we recommend a new protocol called DR-CR (Detour Routing Protocol based on Coordination Rotation) for local void area in geographic networks. DR-CR protocol based on quadrant classification strategy and coordinate rotation axes. The simulation was implemented in NS3 shown that, in case the network have void area, the performance of DR-CR protocol is relatively better than DRQC protocol and much better than GPSR protocol.

**Key words** - network performance network; network protocol; protocols using geographic information; NS3 network simulator; void area problem.

### 1. Đặt vấn đề

Ngày nay, định tuyến sử dụng thông tin vị trí địa lý được nghiên cứu và sử dụng phổ biến trong VANETs [1], [2], WSN [3]... Trong định tuyến sử dụng thông tin địa lý, các nghiên cứu [2], [4], [5] đã đề xuất một số thuật toán tìm kiếm đường đi và hạn chế xảy ra vấn đề vùng trống. Trong [5], Dejing Zhang giới thiệu thuật toán định tuyến dựa trên giao thức định tuyến GPSR. Theo thuật toán này, khi một nút gửi gói tin gặp vấn đề vùng trống, nó sẽ tạo ra một nút ảo dựa trên các nút xung quanh vùng trống để gửi gói tin. Tuy nhiên, theo giao thức GPSR mỗi nút chỉ lưu trữ hàng xóm cấp 1, nên thuật toán mà Dejing Zhang đề xuất chưa giải quyết được vấn đề hạn chế gói tin gửi đến vùng trống.

Trong bài báo này, nhóm tác giả phân tích các thuật toán định tuyến cho mạng không dây có các nút mạng nằm trong vùng tối thiểu GPSR [6], và giao thức định tuyến dựa trên thông tin vị trí địa lý của nút mạng bằng cách phân chia nút vào góc phần tư DRQC [7]. Qua phân tích và mô phỏng đánh giá hai thuật toán GPSR và DRQC, nhóm tác giả đề xuất một thuật toán mới nhằm cải thiện tỷ lệ chuyển gói tin thành công trong định tuyến.

Ở thuật toán mới đề xuất, giả định trong quá trình định tuyến mỗi nút mạng biết được thông tin vị trí địa lý của chính nó, của các nút hàng xóm cấp 1 (1-hop neighbors) và hàng xóm cấp 2 (2-hop neighbors). Các nút cũng sẽ xác định trạng thái của nó là nút đỏ hoặc nút trắng dựa vào thuật toán được đề cập trong [7]. Thuật toán mới sẽ xác định nút tiếp theo dựa trên các tiêu chí về trạng thái nút và xoay trục tọa độ khi tính toán tìm nút kế tiếp trong đường đi của gói tin.

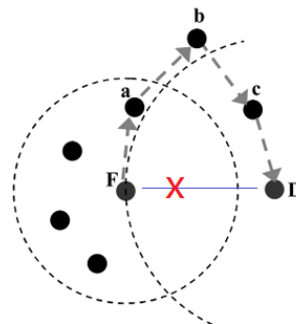
### 2. Định tuyến cho vấn đề vùng trống sử dụng thông tin địa lý

#### 2.1. Giao thức định tuyến GPSR

Giao thức định tuyến GPSR (Greedy Perimeter

Stateless Routing) chuyển tiếp gói tin sử dụng thuật toán tham lam (Flooding algorithm). GPSR sẽ tìm kiếm tất cả các nút hàng xóm của nút gửi và chọn nút hàng xóm gần với nút đích nhất để gửi gói tin. Trong trường hợp GPSR không tìm thấy một nút hàng xóm gần với nút đích hơn chính nó sẽ xảy ra vấn đề vùng trống [1], trong trường hợp này GPSR sử dụng thuật toán định tuyến xoay quanh mặt phẳng (chiến lược phục hồi) gọi là quy tắc bàn tay phải [6].

Dựa trên mặt phẳng đồ thị các nút mạng, theo quy tắc bàn tay phải, khi một nút nhận gói tin và bắt đầu chuyển tiếp, nếu nút không tìm thấy hàng xóm gần hơn thì nó sẽ chuyển gói tin nhận được theo hướng ngược kim đồng hồ cho đến khi điều kiện áp dụng thuật toán tham lam được phục hồi. Ví dụ trong Hình 1, đường đi của gói tin là  $\{F \rightarrow a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow D\}$ .



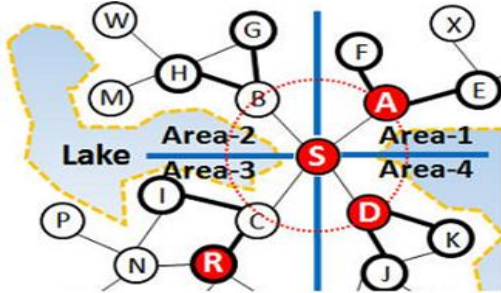
Hình 1. Vùng trống trong định tuyến

#### 2.2. Giao thức định tuyến DRQC

DRQC (Detour Routing Based on Quadrant Classification) là giao thức định tuyến được đề xuất nhằm hạn chế việc gửi gói tin đến các vùng trống như trong giao thức định tuyến GPSR. DRQC đề xuất chiến lược phân chia các nút hàng xóm cấp 1 và hàng xóm cấp 2 thành 4 góc tọa độ (Hình 2) [7]. Mỗi một nút trong giao thức DRQC

được xác định bằng hai trạng thái khác nhau là nút đỏ hoặc nút trắng [7], trong đó:

- Nút đỏ: là nút có ít nhất một nút hàng xóm cấp 2 tồn tại trong mỗi một góc  $\frac{1}{4}$ .
- Nút trắng: là nút không có nút hàng xóm cấp 2 tồn tại trong ít nhất một góc  $\frac{1}{4}$ .



Hình 2. Định nghĩa góc và trạng thái của nút

Thuật toán xử lý định tuyến trong giao thức DRQC thường kết hợp định tuyến phân chia góc và định tuyến tham lam. Khi một nút chuyển tiếp gói tin tới nút đích, đầu tiên thuật toán sẽ tìm kiếm các nút thuộc hàng xóm cấp 1 và cấp 2 có trạng thái nút đỏ và cùng góc với nút đích, nếu không thỏa mãn điều kiện thứ nhất, các lựa chọn lần lượt sẽ được thực hiện. Lựa chọn cuối cùng là sử dụng chiến lược tham lam để tìm kiếm nút đích [7]. Thuật toán định tuyến sử dụng trong giao thức DRQC như Hình 3.

```

//N1, N2: Là tập hợp hàng xóm cấp 1 và cấp 2
//NextN: Là nút tiếp theo gửi gói tin
//DesNode: Nút đích
//Rt: Là tập các nút trong bảng định tuyến

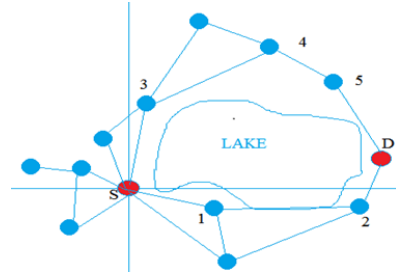
if (DesNode in N1 or N2)
    Forward packet tới DesNode;
else if (DesNode in Rt)
    {
        Forward packet tới DesNode;
    }
else if (NextN is redNode, closer, same quadrand with DesNode)
    {
        Forward packet tới DesNode;
    }
else if (NextNode is WhiteNode, closer, same quadrant with DesNode)
    {
        Forward packet tới DesNode;
    }
else
    {
        If ((NextN = Call Greedystrategy()) != null)
            Forward packet tới DesNode;
        Else call DetourMessageFunction();
    }
    
```

Hình 3. Thuật toán định tuyến trong giao thức DRQC

### 3. Định tuyến địa lý dựa trên quay trục tọa độ

#### 3.1. Hạn chế của giao thức định tuyến DRQC

Khi một nút tìm đường đi của gói tin tới nút đích thì nó sẽ xem xét các nút hàng xóm thuộc cùng góc phần tư với nút đích. Tuy nhiên, trong quá trình tìm hiểu về giao thức DRQC, nhóm tác giả thấy rằng, trong trường hợp các nút nằm gần kề với nút đích nhưng không nằm cùng góc phần tư với nút đích thì thuật toán của giao thức DRQC có thể dẫn tới việc không tìm thấy đường đi hoặc đường đi không tối ưu.

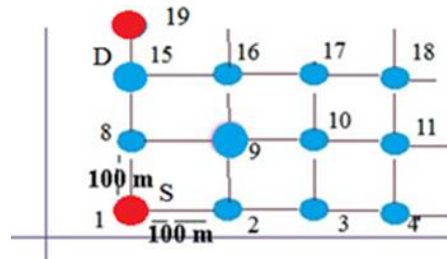


Hình 4. Định tuyến DRQC không tối ưu

Ví dụ Hình 4, khi nút nguồn S gửi gói tin tới nút đích D. Theo DRQC, nút S sẽ chọn các nút thuộc góc phần tư với nút D, vì vậy S sẽ chọn nút {3} là nút kế tiếp trong đường đi gói tin từ S tới D. Tiếp tục như vậy giao thức DRQC sẽ lần lượt chọn các nút {4, 5} nên đường đi của gói tin là S → 3 → 4 → 5 → D. Tuy nhiên, dễ nhận thấy rằng, nếu nút S lựa chọn đường đi S → 1 → 2 → D thì chi phí gửi gói tin sẽ ít hơn.

#### 3.2. Nút tối ưu không cùng góc phần tư với nút đích

Giả định 1: Nút tối ưu trên đường đi của gói tin không thuộc góc phần tư chứa nút đích. Đây là những nút mạng tối ưu trong quá trình định tuyến nhưng không thuộc cùng góc phần tư với nút đích khi xét trên một hệ trục tọa độ.



Hình 5. Nút tối ưu nằm trên trục tọa độ

Trường hợp 1: xét Hình 5 với nút nguồn là nút 1.

Không làm mất đi tính tổng quát nếu giả sử một nút 1 nằm trên trục hoành của góc phần tư thứ nhất, nó sẽ không nằm trong góc phần tư thứ 4.

- Các nút {2, 3, 4} nằm trên trục hoành của trục tọa độ nút 1.

- Các nút {8, 15} nằm trên trục tung của trục tọa độ nút 1.

- Các nút {2, 3, 4, 8, 15} gọi là các nút biên của nút 1. Vì mỗi nút chỉ có thể nằm trong một góc phần tư duy nhất nên ta có, nếu nút {2, 3, 4} nằm ở góc phần tư thứ nhất của nút 1 thì nút {8, 15} nằm ở góc phần tư thứ tư. Khi đó, để nút nguồn 1 gửi gói tin đến nút đích 19, theo giao thức DRQC thì phải đi qua các nút {2, 9, 16, 15}. Tuy nhiên, dễ nhận thấy nếu gói tin từ nút 1 đi các nút {8, 15} thì sẽ giảm chi phí định tuyến.

Trường hợp 2: Xét Hình 4 với nút nguồn là nút S.

- Các nút {3, 4, 5} thuộc góc phần tư thứ nhất cùng với nút đích D.

- Các nút {1, 2} thuộc góc phần tư thứ 2 không cùng góc với nút đích D.

Theo giao thức DRQC nếu gói tin gửi từ nút S tới nút D thì sẽ đi qua các nút {3, 4, 5}, tuy nhiên, nếu chọn đi qua các nút {1, 2} thì sẽ giảm chi phí định tuyến gói tin. Các

nút  $\{1, 2\}$  là những nút tối ưu không thuộc cùng góc phần tư với nút đích.

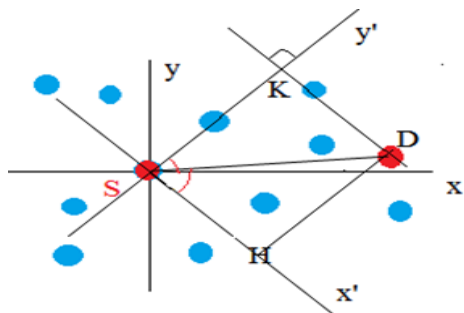
#### 4. Đề xuất giải pháp cải tiến giao thức

Trong chiến lược định tuyến phân chia góc phần tư, việc định tuyến chỉ đạt hiệu quả tốt nhất nếu tồn tại các nút tối ưu cùng nằm trong góc phần tư với nút đích. Để hạn chế việc gửi gói tin đến vùng trống và khắc phục vấn đề đường đi tối ưu, nhóm tác giả đề xuất giải pháp cải tiến định tuyến dựa vào phân chia góc phần tư đó là xoay trục tọa độ của nút hiện tại, thực hiện tính toán tìm kiếm nút kế tiếp trên đường đi. Giao thức cải tiến này tạm gọi là “**Định tuyến dựa lý dựa trên quay trục tọa độ** - Detour Routing based on Coordinates Rotation axis (DR-CR)”.

##### 4.1. Giải pháp quay trục tọa độ

Từ hệ trục tọa độ gốc ban đầu của nút  $S$  là  $xSy$ , khi nút  $S$  thực hiện tính toán tìm đường đi cho gói tin đến nút  $D$ , nút  $S$  sẽ thực hiện việc xoay trục tọa độ ban đầu thành trục tọa độ mới là  $x'Sy'$  (Hình 6).

Việc quay trục tọa độ dựa trên tiêu chí: Các trục tọa độ mới đảm bảo cách đều bằng nhau tới nút đích. Khi đó, đường thẳng nối tâm của hệ tọa độ và nút đích  $D$  sẽ là đường phân giác của góc phần tư theo trục tọa độ mới tồn tại nút đích. Nhìn Hình 6 chúng ta thấy, khi hạ vuông góc 2 đường thẳng từ nút  $D$  tới hai trục tọa độ  $Sx'$  là  $DH$  và  $Sy'$  là  $DK$  thì khi đó  $DH = DK$ .



Hình 6. Xoay trục tọa độ của nút  $S$

##### 4.2. Phương pháp quay trục

Xét phương trình đường thẳng trong hệ trục tọa độ  $xSy$ :

$$\frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{y-y_1}{y_2-y_1} \quad (1)$$

Trong đó  $(x_1, y_1)$  và  $(x_2, y_2)$  là tọa độ hai điểm trên đường thẳng;  $a, b$  là các tham số của đường thẳng  $(d)$ :  $ax+by+c=0$ .

Biến đổi phương trình (1) ta có:

$$x(y_2-y_1) - x_1(y_2-y_1) = y(x_2-x_1) - y_1(x_2-x_1)$$

$$\Leftrightarrow x(y_2-y_1) - y(x_2-x_1) - x_1(y_2-y_1) + y_1(x_2-x_1) = 0$$

$$\Leftrightarrow (y_2-y_1)x + (-x_2+x_1)y + (-x_1(y_2-y_1)) + (y_1(x_2-x_1)) = 0$$

$$\Rightarrow a = y_2 - y_1$$

$$b = -x_2 + x_1 \quad (2)$$

$$c = -x_1(y_2 - y_1) + y_1(x_2 - x_1)$$

Trong DR-CR, để xác định được hai trục tọa độ mới  $Sx'$  và  $Sy'$  ta chỉ cần xác định được tọa độ của 2 điểm trên mỗi trục.

Tọa độ thứ nhất là  $S(s_x; s_y)$ , đây là tọa độ gốc của hệ trục tọa độ cũ và cũng là tọa độ gốc của hệ trục tọa độ mới.

Điểm  $H(x'_1; y'_2)$  nằm trên trục  $ox'$  và  $K(x'_2; y'_2)$  nằm trên trục  $oy'$ . Tọa độ điểm  $H$  và  $K$  cần tìm là giao của các đường thẳng vuông góc với trục tọa độ mới và đường thẳng đi qua tọa độ nút đích  $KD$  và  $HD$ .

Giả thiết mới đặt ra cho thuật toán cải tiến là xác định được tọa độ 2 điểm  $H, K$  trên hai trục tọa độ mới. Việc xác định chúng dựa vào các hàm lượng giác. Quan sát Hình 6:

– Tính giá trị  $\tan$  góc nút đích

$$\tan(\widehat{xSD}) = (dy - sy)/(dx - sx).$$

– Tính  $\tan$  góc tạo bởi trục tọa độ mới  $oy'$  và  $ox$  là  $\tan \widehat{xSy'}$

– Tính tọa độ mới của hai điểm bất kỳ trên hai trục tọa độ khi biết  $\tan \widehat{xSy'}$  và giả thiết cho trước tọa độ thuộc trục  $Sx$ .

Khi đó thay các giá trị mới vào phương trình (2) sẽ được các giá trị  $a, b, c$  lần lượt của các trục  $ox'$  và  $oy'$ .

##### 4.3. Phương pháp quay trục áp dụng trong thuật toán mới

Khi sử dụng thuật toán định tuyến trong giao thức DRQC (Hình 3), trường hợp nút đích không tồn tại trong các tập hợp nút hàng xóm hoặc trong bảng định tuyến, thuật toán DR-CR sẽ được áp dụng để tìm kiếm các nút hàng xóm cấp 2, là nút đỏ hoặc nút trắng. Sau khi gọi hàm xoay trục tọa độ trong DR-CR thì số lượng các nút hàng xóm thuộc cùng góc với nút đích luôn lớn hơn, và khoảng cách giữa các nút trong góc phần tư mới đến nút đích sẽ nhỏ hơn so với hệ tọa độ ban đầu. Điều này dễ dàng được chứng minh bằng cách sử dụng các công thức lượng giác với đường tròn có tâm là nút gửi và bán kính là khoảng cách từ nút gửi đến nút đích.

Áp dụng quay trục tọa độ giúp cho thuật toán DRQC giảm chi phí duyệt qua toàn bộ các nút hàng xóm khi gặp vấn đề về vùng trống trong định tuyến dựa vào thông tin vị trí địa lý.

#### 5. Mô phỏng và đánh giá

Nhóm tác giả đã cài đặt và đánh giá hiệu năng các giao thức đã được đề cập đến trong bài báo này gồm: giao thức GPSR, DRQC và giao thức định tuyến cải tiến từ giao thức mới được đề xuất DR-CR. Các thuật toán được cài đặt trong bộ công cụ mô phỏng sự kiện mạng NS-3. Mã nguồn cài đặt được viết bằng ngôn ngữ  $C^{++}$ . Cụ thể:

##### 5.1. Tỷ lệ chuyển gói tin thành công trong mạng

Thực hiện mô phỏng theo kịch bản cho 5 cấu trúc mạng khác nhau như Bảng 1 với các nút có vị trí ngẫu nhiên trong diện tích 500m x 500m, nguồn và đích ngẫu nhiên.

Bảng 1. Thông số kịch bản mô phỏng mạng ngẫu nhiên

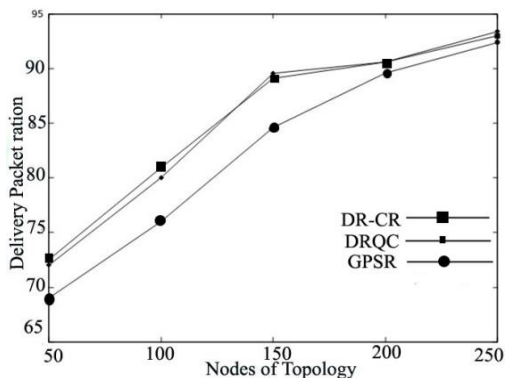
	N1	N2	N3	N4	N5
Số nút	50	100	150	200	250
Thời gian mô phỏng (s)	100	100	100	100	100
Tốc độ truyền dữ liệu (Mbps)	2	2	2	2	2
Kích thước gói tin (byte)	64	64	64	64	64
Transmit Power (dBm)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5

Thực hiện các chương trình mô phỏng, phân tích và tính toán kết quả cho thấy tỷ lệ chuyển gói tin thành công của các giao thức tương ứng với mỗi cấu trúc mạng như Bảng 2.

**Bảng 2.** Kết quả mô phỏng

STT	Nút mạng	DRQC	GPSR	DR-CR
1	50	72,00%	69,00%	72,50%
2	100	80,00%	76,56%	81,00%
3	150	89,56%	84,60%	88,50%
4	200	90,58%	89,58%	90,58%
5	250	93,38%	92,38%	93,00%

Kết quả mô phỏng cho thấy: Giao thức định tuyến dựa trên phân chia góc phần tư DRQC và DR-CR là những giao thức định tuyến có tỷ lệ chuyển gói tin thành công tương đối cao và luôn luôn có tỷ lệ thành công lớn hơn giao thức GPSR. Kết quả chi rõ ở Hình 7. Đặc biệt, với những cấu trúc mạng có số lượng nút mạng nhỏ (chẳng hạn dưới 150 nút) và phân bố trong một diện tích lớn thì tỷ lệ chuyển gói tin thành công của giao thức DRQC, DR-CR và GPSR có sự chênh lệch tương đối cao, cụ thể, giao thức mới DR-CR có tỷ lệ chuyển gói tin thành công lớn hơn DRQC và lớn hơn hẳn giao thức GPSR (Bảng 2).

**Hình 7.** Tỷ lệ chuyển gói tin thành công

### 5.2. Thông lượng trung bình của các giao thức định tuyến địa lý

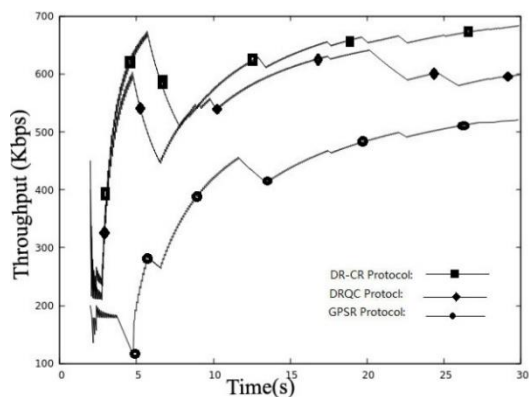
Thực hiện mô phỏng gửi gói tin từ nút nguồn tới nút đích và thực hiện tính toán thông lượng trung bình theo thời gian của các giao thức cho cấu trúc mạng như Bảng 3.

**Bảng 3.** Thông số mô phỏng mạng cố định

STT	Tham số	Giá trị
1	Số nút	150 nút
2	Thời gian mô phỏng	30 s
3	Diện tích phân bố nút mạng	500 x 500 m
4	Khoảng cách nút	30 m
5	Nút nguồn	Nút {18}
6	Nút đích	Nút {95}
7	Transmit Power	7,5 dBm
8	Data Rate	
9	Packet Size	1.024 byte
10	Data rate	2 Mbps

Kết quả thực hiện chương trình mô phỏng với các giao thức lần lượt là DRQC, GPSR, DR-CR như Hình 8 cho thấy rằng, đối với một cấu trúc mạng có các vị trí và vùng trống

cố định cho trước, trong một số điều kiện như kịch bản mô phỏng (Bảng 3), kết quả thông lượng theo thời gian chỉ ra giao thức DRQC, DR-CR là hai giao thức định tuyến dựa trên phân chia góc phần tư, luôn lớn hơn giao thức GPSR, là giao thức dựa trên thuật toán tham lam. Với một cấu trúc mạng có vùng trống xác định và các nút nguồn và nút đích nằm ở những vị trí không tối ưu, chúng ta thấy rằng giao thức cải tiến dựa theo phân chia góc phần tư (DR-CR) có thông lượng trung bình lớn hơn giao thức gốc là DRQC.

**Hình 8.** Thông lượng của các giao thức

## 6. Kết luận

Trong bài báo này, nhóm tác giả đã trình bày về các giao thức định tuyến sử dụng thông tin vị trí địa lý trong mạng không dây có các vùng trống. Nhóm tác giả cũng đã so sánh và kết quả chỉ ra rằng, định tuyến theo thông tin vị trí địa lý trong mạng không dây thì giao thức định tuyến dựa vào phân chia góc phần tư luôn có kết quả tốt hơn giao thức định tuyến dựa vào thuật toán tham lam. Trong điều kiện có vùng trống thì giao thức cải tiến DR-CR luôn có kết quả khá tốt so với giao thức DRQC và giao thức GPSR.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nandan Banerji, Uttam Kumar Kundu, Pulak Majumder, Debabrata Sarddar, "Quadrant Based WSN Routing Technique by Shifting of Origin", *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 4(3), 2013, pp. 38 – 41.
- [2] Chen chen, Lei liu, Ning Zhang, Shengda Wang, *A Bio-inspired Geographic Routing in VANETs*, IEEE International Conference on Intelligent Transportation Engineering, 4/16, 2016, pp. 162-167.
- [3] Amjad Gawanmeh, *Optimizing Lifetime of Homogeneous Wireless Sensor Networks for Vehicular Monitoring*, IEEE – ICCVE Conference, 2014, pp. 980-985.
- [4] University of Freiburg, Germany, *Theory and Practice of Geographic Routing*, 2009.
- [5] Dejing Zhang, Enqing Dong, "An Efficient By passing Void Routing Protocol Based on Virtual Coordinate for WSNs", *IEEE Communications Letters*, 19(4), (2015), pp. 653-656.
- [6] Brad Krap, H. T. Kung, *GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks*, ACM International Conference on Mobile Computing and Networking, 2000, pp. 243-245.
- [7] Lih-Chyau Wu, Wen-Ben Li, Wen-Chung Ko, *Detour Routing Protocol for Geographic Sensor Network*, International Conference on Broadband, Wireless Computing, Communication and Applications, 122, 2010, pp. 505 – 510.