

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN**

---

**NGUYỄN GIA NHƯ**

**MỘT SỐ THUẬT TOÁN TIẾN HÓA GIẢI BÀI TOÁN  
TỐI ƯU TRONG MẠNG MÁY TÍNH**

**Chuyên ngành : Cơ sở toán học cho Tin học**  
**Mã số : 62.46.01.10**

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ TOÁN HỌC**

Hà Nội, 2014

**Công trình được hoàn thành tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên,  
ĐHQG Hà Nội**

**Người hướng dẫn khoa học:**

- 1. PGS.TS Lê Trọng Vĩnh**
- 2. PGS.TSKH Nguyễn Xuân Huy**

**Phản biện 1:** .....  
.....

**Phản biện 2:** .....  
.....

**Phản biện 3:** .....  
.....

**Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án cấp Trường  
hợp tại Trường Đại học KHTN- Đại học Quốc gia Hà Nội**

**Vào hồi..... giờ ..... ngày ..... tháng ..... năm .....**

**Có thể tìm hiểu luận án tại: Thư viện Quốc gia**

**Thư viện Trường Đại học Khoa học Tự nhiên**

## Mở đầu

Ngày nay, mạng máy tính đã trở thành một cơ sở hạ tầng quan trọng trong nền kinh tế toàn cầu và sự ra đời của Internet đã làm thay đổi mạnh mẽ của cuộc sống con người. Trong cuộc cách mạng này, bên cạnh sự tiến bộ về mặt công nghệ thì vai trò của việc nghiên cứu và đề xuất các thuật toán mới cũng có ý nghĩa hết sức quan trọng. Để đưa ra được giải pháp hữu hiệu cho một vấn đề thực tế cần sự hiểu biết cả lý thuyết thuật toán và các phương tiện kỹ thuật. Một trong những vấn đề đáng quan tâm nhất của mạng máy tính là hiệu năng mạng, hiệu năng mạng tốt nhất là mục tiêu hướng đến của những nhà nghiên cứu, phát triển và quản trị mạng. Để có hiệu năng mạng tốt cần thiết phải có những giải pháp về mặt thuật toán nhằm tối ưu hóa mạng. Tối ưu hóa mạng máy tính được xem là quá trình cân bằng tốt nhất giữa hiệu năng mạng máy tính và chi phí mạng trong mối tương quan với chất lượng dịch vụ mạng.

Trong thực tế các bài toán tối ưu mạng thường gặp là các bài toán tối ưu tổ hợp (TƯTH), trong đó phải tìm các giá trị cho các biến rời rạc để làm cực trị hàm mục tiêu nào đó ([31,60]). Đa số các bài toán này thuộc lớp NP-khó. Trừ các bài toán cỡ nhỏ có thể tìm lời giải bằng cách tìm kiếm vét cạn, còn lại thì thường không thể tìm được lời giải tối ưu. Đối với các bài toán cỡ lớn không có phương pháp giải đúng, đến nay người ta vẫn dùng các cách tiếp cận sau:

- 1) Tìm kiếm heuristic, trong đó dựa trên phân tích toán học, người ta đưa ra các quy tắc định hướng tìm kiếm một lời giải đủ tốt.
- 2) Sử dụng các kỹ thuật tìm kiếm cục bộ để tìm lời giải tối ưu địa phương.
- 3) Tìm lời giải gần đúng nhờ các thuật toán mô phỏng tự nhiên (xem [31,57,60]) như mô phỏng luyện kim, giải thuật di truyền, tối ưu bầy đàn ...

Hai cách tiếp cận đầu thường cho lời giải nhanh nhưng không thể cải thiện thêm lời giải tìm được, nên cách tiếp cận thứ ba đang được sử dụng rộng rãi cho các bài toán cỡ lớn. Trong các phương pháp mô phỏng tự nhiên, tối ưu đàn kiến (Ant Colony Optimization – ACO) là cách tiếp cận metaheuristic tương đối mới, được giới thiệu bởi Dorigo năm 1991 (xem [28,29,31]) đang được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi cho các bài toán TƯTH khó (xem [7,9,10,31,36,37,55,59,63]). Tối ưu hóa theo nhóm bầy là một kỹ thuật tối ưu hóa ngẫu nhiên dựa trên một quần thể được phát triển bởi *Eberhart* và *Kennedy*, phỏng theo hành vi của các bầy chim hay các đàn cá. PSO tìm kiếm giải pháp tối ưu bằng việc cập nhật các thể hệ [28]. Các vấn đề nghiên cứu liên quan đến tối ưu mạng máy tính trên cơ sở tiếp cận thuật toán tối ưu bầy đàn khá phong phú và đa dạng, có thể kể đến các vấn đề sau:

i) **Bài toán cây truyền thông tối ưu**: Bài toán cây khung truyền thông tối ưu là bài toán thuộc lớp NP-khó, có nhiều ứng dụng trong thực tế đặc biệt trong việc thiết kế các mô hình mạng.

ii) **Đặt gateway tối ưu trong mạng Wireless Mesh Network ( WMN)**: Thông lượng là một trong những yếu tố quan trọng nhất để đảm bảo các dịch vụ của WMN đáp ứng các yêu cầu của người sử dụng. Để phát triển một thuật toán đặt gateway hướng thông lượng, một độ đo hiệu năng hiệu năng được sử dụng gọi là Multi-hop Traffic-flow weight (MTW) [15] để tính toán những nhân tố chính ảnh hưởng đến thông lượng của WMNs. Những nhân tố đó bao gồm số router, số client, và số gateway cũng như nhu cầu băng thông từ các client, vị trí của

các gateway và ảnh hưởng giữa chúng. Dựa trên MTW, một thuật toán tương tác được đề xuất để xác định vị trí tốt nhất của một gateway. Mỗi lần một gateway được chọn đặt tại một router sẽ có MTW cao nhất.

**iii) Định vị các basestation trong mạng Wireless Mesh Network:** Xác định các Basestation trong mạng WMN là một trong những khâu quan trọng của quá trình thiết kế mạng WMN. Việc định vị các basestation trong mạng WMN liên quan đến nhiều yếu tố khác nhau như lưu lượng mạng, kênh truyền, kích bản can thiệp, số lượng base stations và các thông số quy hoạch mạng khác.

**Nhiệm vụ tác giả luận án đặt ra là:** Luận án tập trung giả quyết một lớp vấn đề về tối ưu trên mạng máy tính với cách tiếp cận thuật toán tiến hóa PSO

i) *Cây khung truyền thông tối ưu:* Đề xuất một hướng tiếp cận mới về cây khung truyền thông tối ưu (optimal communication spanning tree). Hướng tiếp cận này dựa trên thuật toán tối ưu hóa bầy đàn PSO. Giải pháp này có thể đạt kết quả tốt hơn so với thuật toán heuristic được biết.

ii) *Đặt gateway trong mạng WMN:* Để xác định vị trí gateway nhằm đạt thông lượng cực đại, một độ đo hiệu năng được sử dụng gọi là Multihop Traffic flow weight (MTW) nhằm tính toán những nhân tố ảnh hưởng đến thông lượng của mạng WMNs.

iii) *Định vị các BTS trong mạng Mobile Network:* Xác định các base station trong mạng Mobile Network là một trong những khâu quan trọng của quá trình thiết kế mạng. Việc định vị các BTS liên quan đến nhiều yếu tố khác nhau như lưu lượng mạng, kênh truyền, kích bản can thiệp, số lượng BTS và các thông số quy hoạch mạng khác.

iv) *Tối ưu truy cập tập trung trong mạng Mobile Network:* Mạng truy cập trong kiến trúc hệ thống di động tế bào gồm 4 tầng tương tác: tương tác giữa các trạm di động (mobile station-MS) hay tập các người dùng đến các trạm thu phát sóng cơ sở (base transceiver stations-BTS), tương tác giữa các trạm thu phát sóng cơ sở với các trung tâm chuyển mạch di động (mobile switching centers-MSC), và tương tác giữa các trung tâm chuyển mạch di động với tổng đài truy cập tập trung (local exchanges-LE) trong mạng PSTN. Tối ưu truy cập trong mạng không dây. Đây là các bài toán quan trọng trong thiết kế và tối ưu mạng.

Các kết quả của luận án đã được công bố trong 5 báo cáo hội nghị quốc tế 2, 3 bài báo trên các tạp chí quốc tế, 1 bài báo ở tạp chí trong nước và 3 bài trên hội thảo toàn quốc “*Các chủ đề chọn lọc của công nghệ thông tin*”, 1 bài trên hội thảo FAIR.

Ngoài phần mở đầu và kết luận, luận án được tổ chức như sau: Chương 1 giới thiệu một số kiến thức cơ bản về mạng không dây cũng như những nét chính của phương pháp tối ưu tìm kiếm bầy đàn. Các vấn đề mở liên quan đến tối ưu trong mạng không dây cũng được trình bày trong chương 1. Chương 2, luận án đề xuất giải pháp đặt gateway trong mạng WMN sử dụng thuật toán PSO nhằm xác định vị trí gateway nhằm đạt thông lượng cực đại. Bài toán Định vị các basestation trong mạng Mobile Network được trình bày trong Chương 3. Chương 4, luận án đề xuất thuật toán PSO áp dụng tối ưu truy cập trong mạng không dây.

# Chương 1. Tổng quan về tối ưu mạng

## 1.1 Mạng không dây

### 1.1.1 Khái niệm

### 1.1.2 Sự phát triển của mạng thông tin di động

### 1.1.3 Kiến trúc mạng thông tin di động

## 1.2 Các vấn đề của tối ưu mạng

### 1.2.1 Mục tiêu của tối ưu mạng

**Tối ưu dung lượng:** Dung lượng là một vấn đề nhiều mặt và phụ thuộc vào nhiều yếu tố tương tác với nhau.

**Tối ưu vùng phủ sóng:** Vùng phủ sóng cho phép người dùng có thể di chuyển thoải mái từ mạng không dây hiện tại vào các mạng không dây khác. Đặc biệt là trong mạng không dây di động. Theo đó người dùng sẽ chuyển từ một môi trường mạng di động này sang môi trường mạng di động khác.

**Tối ưu quản lý tài nguyên:** Quản lý nguồn tài nguyên có thể chia thành: điều khiển công suất, chuyển giao, điều khiển tải.

**Tối ưu quy hoạch mạng:** Trong quá trình phát triển, xây dựng mạng các doanh nghiệp luôn quan tâm đến vấn đề quy hoạch mạng nhằm đạt được những mục tiêu sau: Đảm bảo tối ưu hóa vùng phủ sóng; Đảm bảo dung lượng cung cấp cho các dịch vụ đa phương tiện chất lượng cao cho khách hàng; Tối ưu hóa việc lắp đặt, xây dựng mạng; Thuận tiện cho việc bảo hành, bảo dưỡng mạng; nâng cấp, sửa chữa mạng.

### 1.2.2 Các vấn đề mở trong mạng không dây

Truyền thông không dây đã chứng tỏ tầm quan trọng của nó trong thời gian qua như là nền tảng điều khiển của sự phát triển kinh tế, đầu tiên là theo hình thức mạng di động và gần đây là cho các mạng máy tính (*WiFi*, *WiMAX*). Trong thập kỷ tới có thể nó sẽ mang lại sự phát triển một cách đột phá. Mức độ phát triển đầy đủ của chúng không thể dự đoán nhưng chắc chắn sẽ bao gồm: Các dịch vụ băng thông rộng: các dịch vụ “*triple-play*” (giọng nói, dữ liệu, video) ở tốc độ lên tới 1Gbit/s cho người dùng trong một môi trường tùy ý. Khả năng tính toán ở mọi nơi: Tính thông minh được phân phối trong một tập hợp các thiết bị hoạt động một cách tự chủ. Các mạng cảm biến không dây cho việc giám sát và cảm nhận môi trường. Để làm được những điều trên, chúng ta cần phải giải quyết trong tương lai các vấn đề chính sau đây: *Quản lý tài nguyên và độ phổ thông minh; Các mạng di động không đồng nhất; Vấn đề an ninh cho mạng không dây.*

### 1.2.3 Bài toán tối ưu

## 1.3 Các thuật toán tiến hóa

### 1.3.1 Thuật toán di truyền (GA)

Giải thuật di truyền (GA-*Genetic Algorithm*) [27] là một kỹ thuật của khoa học máy tính nhằm tìm kiếm giải pháp thích hợp cho các bài toán tối ưu tổ hợp (*combinatorial optimization*).

Giải thuật di truyền là một phân ngành của giải thuật tiến hóa vận dụng các nguyên lý của tiến hóa như di truyền, đột biến, chọn lọc tự nhiên, và trao đổi chéo.

### 1.3.2 Thuật toán tối ưu hóa đàn kiến (ACO)

Các thuật toán kiến lần đầu tiên được giới thiệu bởi Dorigo và các cộng sự như là cách tiếp cận đa tác tử tới các vấn đề về tối ưu tổ hợp khó, như bài toán người du lịch (TSP), bài toán người đưa thư. Hiện nay số lượng các ứng dụng càng ngày càng tăng và các nhà khoa học đã ứng dụng nó vào rất nhiều các vấn đề tối ưu rời rạc. Các ứng dụng gần đây có thể kể đến như các bài toán lập lịch, tô màu đồ thị, định hướng trong mạng truyền thông, v.v...

### 1.3.3 Thuật toán tối ưu hóa nhóm bầy (PSO)

Tối ưu hóa theo nhóm bầy là một kỹ thuật tối ưu hóa ngẫu nhiên dựa trên một quần thể được phát triển bởi Eberhart và Kennedy, phỏng theo hành vi của các bầy chim hay các đàn cá. Cũng giống như GA, PSO tìm kiếm giải pháp tối ưu bằng việc cập nhật các thể hệ. Tuy nhiên, không giống như GA, PSO không có các thao tác tiến hóa như là lai ghép hay đột biến. Năm 1987, quan sát quá trình chuyển động của các theo bầy đàn (bầy chim, đàn cá), Reynolds [6] đưa ra nhận ra ba quy luật: Tách biệt; Sắp hàng và Liên kết. Từ nghiên cứu của Renolds, Eberhart và Kennedy [7] đưa thêm giả thuyết về quá trình tìm về tổ của bầy đàn theo các quy luật:

- (1) Tất cả các phần tử trong bầy đàn đều có xu hướng chuyển động về tổ
- (2) Mỗi phần tử đều ghi nhớ vị trí gần tổ nhất nó đã đạt tới

Tương tự như vậy, hai ông đưa giả thuyết về quá trình tìm mồi của bầy đàn trong một vùng không gian mà các phần tử trong bầy đàn đều biết thông tin về thức ăn cách bao xa và lưu giữ vị trí gần thức ăn nhất mà chúng đã đạt tới. Khi đó, cách tốt nhất để tìm thức ăn là theo sau những con phần tử đầu đàn – những con trong bầy gần chỗ thức ăn nhất. Từ đó, hai ông đề xuất thuật toán PSO phỏng theo kịch bản này và sử dụng nó để giải các bài toán tối ưu. Trong PSO, mỗi giải pháp đơn là một phần tử (particle) trong kịch bản trên. Mỗi phần tử được đặc trưng bởi hai tham số là vị trí hiện tại của phần tử  $present[ ]$  và vận tốc  $v[ ]$ . Đây là hai vector trên trường số  $R^n$  ( $n$  là tham số được xác định từ bài toán cụ thể). Đồng thời mỗi phần tử có một giá trị thích nghi (fitness value), được đánh giá bằng hàm đo độ thích nghi (fitness function). Tại thời điểm xuất phát, bầy đàn, hay chính xác là vị trí của mỗi phần tử được khởi tạo một cách ngẫu nhiên (hoặc theo một cách thức nào đó dựa vào tri thức biết trước về bài toán). Trong quá trình chuyển động, mỗi phần tử chịu ảnh hưởng bởi hai thông tin: thông tin thứ nhất, gọi là  $pBest$ , là vị trí tốt nhất mà phần tử đó đã đạt được trong quá khứ; thông tin thứ hai, gọi là  $gBest$ , là vị trí tốt nhất mà cả bầy đàn đã đạt được trong quá khứ. Trong nguyên bản do Eberhart và Kennedy đưa ra, các phần tử trong PSO sẽ duyệt không gian bài toán bằng cách theo sau các phần tử có điều kiện tốt nhất hiện thời (độ thích nghi lớn nhất). Cụ thể là sau mỗi khoảng thời gian rời rạc, vận tốc và vị trí của mỗi phần tử được cập nhật theo các công thức:

$$v[ ] = v[ ] + c_1 \cdot rand() \cdot (pbest[ ] - present[ ]) + c_2 \cdot rand() \cdot (gbest[ ] - present[ ]) \quad (1.2)$$

$$present[ ] = present[ ] + v[ ] \quad (1.3)$$

Trong đó:  $rand()$  là một số ngẫu nhiên trong khoảng (0,1);  $c_1, c_2$  là các hệ số học, chúng thường được chọn là  $c_1 = c_2 = 2$ . [10]. Mã giả của thuật toán PSO được cho dưới đây:

Thuật toán PSO	
1	<b>ForEach</b> particle
2	Khởi tạo particle;
3	<b>EndFor</b>
4	<b>Do</b>
5	<b>ForEach</b> particle
6	Tính fitness value;
7	<b>If</b> (fitness value < pBest) <b>then</b>
8	pBest = the fitness value;
9	<b>EndIf</b>
10	<b>If</b> (pBest < gBest) <b>then</b>
11	gBest = pBest
12	<b>EndIf</b>
13	<b>EndFor</b>
14	<b>ForEach</b> particle
15	Tính vận tốc theo công thức (1.2);
16	Cập nhật vị trí theo công thức (1.3);
17	<b>EndFor</b>
18	<b>While</b> (chưa thỏa mãn điều kiện dừng);

Trong đó, một số điều kiện dừng phổ biến là: số lần cập nhật, số lần cập nhật bầy đàn mà không đưa lại kết quả tốt hơn, số lần cập nhật mà lượng thay đổi giữa hai lần cập nhật liên tiếp nhỏ hơn một ngưỡng nào đó... Ngoài ra điều kiện dừng có thể được xác định từ bài toán cụ thể. Phiên bản ban đầu của PSO được trình bày ở trên được gọi là phiên bản “tốt nhất toàn cục” (global best), trong đó vận tốc của mỗi phần tử đều chỉ bị ảnh hưởng bởi hai yếu tố là: yếu tố nội tại – vị trí tốt nhất nó đã từng đạt được – và yếu tố toàn cục – vị trí tốt nhất cả bầy đã đạt được. Các cải tiến của PSO đưa vào yếu tố “cục bộ”, tức là vận tốc của mỗi phần tử trong quá trình chuyển động còn bị tác động bởi vị trí tốt nhất đã đạt được trong số những hàng xóm của nó  $lbest[ ]$ . Khi đó, công thức cập nhật vận tốc là:

$$v[ ] = v[ ] + c_1.rand() \cdot (pbest[ ] - present[ ]) + c_2.rand() \cdot (gbest[ ] - present[ ]) + c_3.rand() \cdot (lbest[ ] - present[ ]) \quad (1.4)$$

Theo nghiên cứu của M. Clerc [8], việc chỉ sử dụng yếu tố cục bộ (được gọi là phiên bản “tốt nhất cục bộ” (local best) của PSO) thường đem lại hiệu quả tốt hơn so với việc sử dụng yếu tố toàn cục hoặc sử dụng cả hai yếu tố (cục bộ và toàn cục). Để thống nhất trong việc sử dụng PSO, các nhà nghiên cứu đã thống nhất đưa ra phiên bản PSO chuẩn và bản chuẩn mới nhất hiện nay là Standard PSO 2007 (SPSO-07). Thông tin về các phiên bản chuẩn, các biến thể và những ứng dụng của PSO có thể tìm thấy tại [9].

#### 1.4 Mục tiêu và bố cục của luận án

Luận án tập trung giải quyết một lớp vấn đề về tối ưu trên mạng máy tính với cách tiếp cận thuật toán tiến hóa PSO

i) *Tối ưu thông lượng trong mạng lõi*: Phần mạng lõi (Core network-CN) đóng vai trò quan trọng trong việc quyết định năng lực phục vụ cũng như khả năng nâng cấp mạng. Tất cả

các nhu cầu xuất phát từ phần mạng truy nhập đều phải thông qua xử lý của phần mạng lõi, và bất cứ những sự thay đổi nào cũng đều dựa trên khả năng phục vụ của phần CN. Vì vậy việc nghiên cứu tính toán và tối ưu dung lượng mạng lõi CN là hết sức quan trọng.

ii) *Tối ưu thông lượng trong mạng lưới không dây*: Để xác định vị trí gateway nhằm đạt thông lượng cực đại, một độ đo hiệu năng được sử dụng gọi là Multihop Traffic flow weight nhằm tính toán những nhân tố ảnh hưởng đến thông lượng của mạng WMNs.

iii) *Tối ưu truy cập trong mạng không dây*: Xác định các base station trong mạng không dây là một trong những khâu quan trọng của quá trình thiết kế mạng không dây. Việc định vị các base station trong mạng không dây liên quan đến nhiều yếu tố khác nhau như lưu lượng mạng, kênh truyền, kích bản can thiệp, số lượng basestations và các thông số quy hoạch mạng khác. Sau khi tối ưu được vị trí các trạm basestations, công việc tiếp theo tôi tiếp cận là tối ưu truy cập tập trung trong mạng không dây với sự kết hợp giữa các BTS, MSC và LE.

Ngoài phần mở đầu và kết luận, luận án được tổ chức như sau: Chương 1 giới thiệu một số kiến thức cơ bản và những vấn đề mở trong tối ưu mạng không dây. Luận án cũng phân tích và giới thiệu các cách tiếp cận tiên hóa giải các bài toán tối ưu như thuật toán GA, ACO, PSO. Chương 2, luận án đề xuất giải pháp đặt gateway trong mạng WMN sử dụng thuật toán PSO nhằm xác định vị trí gateway nhằm đạt thông lượng cực đại. Bài toán định vị các basestation và tối ưu truy cập tập trung trong mạng không dây được trình bày trong Chương 3.

Các kết quả của luận án đã được công bố trong 5 báo cáo hội nghị quốc tế, 4 bài báo trên các tạp chí quốc tế, 1 bài báo ở tạp chí trong nước, 3 bài trên hội thảo quốc gia “*Các chủ đề chọn lọc của công nghệ thông tin*”, 1 bài trên hội thảo FAIR. Cụ thể như sau:

## **1.5 Kết chương**

Chương này, luận án đã giới thiệu một số kiến thức cơ bản và những vấn đề mở trong tối ưu mạng không dây. Luận án cũng phân tích và giới thiệu các cách tiếp cận tiên hóa giải các bài toán tối ưu như thuật toán GA, ACO, PSO.



## Chương 2. Tối ưu thông lượng trong mạng

### 2.1. Tối ưu thông lượng trong mạng lõi

#### 2.1.1 Phát biểu bài toán

Bài toán Cây khung truyền thông tối ưu (OCST, *Optimal Communication Spanning Tree Optimization*) được Hu [8] đưa ra vào năm 1974. Vấn đề cây khung tối thiểu có thể được định nghĩa như sau:  $i, j, k = 1, 2, \dots, n$ , là chỉ số của nút;  $l = 1 \dots L$  là chỉ số của loại dịch vụ. Tham số:  $n = |V|$  là số nút,  $m = |E|$  là số cạnh,  $q_{st}^l \in Q$  là yêu cầu của loại nguồn  $l$  nút  $s$  để chứa nút  $t$ .  $u_{ij} \in U$  là dung lượng của cạnh  $(i, j)$ ,  $w_l \in W$  là trọng số (*ưu tiên*) của dịch vụ thông tin liên lạc  $l$ ,  $d_{ij} \in D$  là độ trễ của cạnh  $(i, j)$  (hoặc được các định là một phương pháp thực hiện cho QoS của NGN), trong đó

$$(2.5)$$

- $G(q_{ij}^l - u_{ij})$  là hàm số để xác định độ trễ của loại dịch vụ  $l$

Các biến quyết định:  $y_{ij}$ : Dung lượng yêu cầu của luồng  $(i, j)$ ,  $x_{ij}$ : 0-1 biến quyết định. Bài toán được mô hình như sau:

$$\min f(x) = \sum_{(i,j) \in E} \left( \sum_{l=1}^L w_l \times \Gamma \left( \min \{0, |y_{ij} - u_{ij}|\} \right) \right) \quad (2.6)$$

Thỏa mãn

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} = n - 1 \quad (2.7)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq |S| - 1 \text{ cho bất kỳ bộ } S \text{ của các nút} \quad (2.8)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} - \sum_{k=1}^n y_{ki} = \begin{cases} q_{ij}^l, & \text{if } i = s \\ 0, & \text{if } i' \in V - \{s, t\} \\ -q_{ij}^l, & \text{if } i = t \end{cases} \quad (2.9)$$

$$\text{nút nguồn và nút chứa của } q_{ij}^l, \forall l \in L \quad (2.10)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \forall i, j = 1..n \quad (2.11)$$

#### 2.1.2 Các nghiên cứu liên quan

Bài toán OCST đã được chứng minh là bài toán NP-khó [9], điều này có nghĩa là không tồn tại thuật toán giải chính xác bài toán với thời gian đa thức, trừ khi  $P = NP$ . Trên thực tế, những thuật toán chính xác đã được đề xuất cũng không thể giải quyết những bài toán có kích

thước nhỏ với thời gian chấp nhận được [5]. Do đó hiện nay việc phát triển thuật toán tìm kiếm hiệu quả đưa ra những lời giải chất lượng cao cho bài toán OCST là hướng nghiên cứu đang được quan tâm.

Để giải bài toán OCST, một số thuật toán chính xác được đề xuất điển hình là thuật toán nhánh cận của Ahuja và Murty [21], tuy nhiên chúng không thật sự hiệu quả khi giải quyết bài toán kể cả với những bài toán kích thước nhỏ [12]. Rất nhiều những giải thuật xấp xỉ đã được phát triển tuy nhiên chất lượng lời giải khá giới hạn. Giải thuật heuristic đầu tiên được Palmer và Kershenbaum [2] đề xuất. Trong [8], Chou và cộng sự đã dựa trên mã hóa của người tiền nhiệm tạo ra một số nhiễm sắc thể bất hợp pháp (nghĩa là không phải cây bao trùm). Kết hợp khởi tạo ngẫu nhiên đơn giản, hầu hết các nhiễm sắc thể sẽ là bất hợp pháp bởi ba lý do: thiếu nút  $I$ , tự vòng lặp, hoặc có chu kỳ. Quy trình sửa chữa phức tạp sẽ được sử dụng ở mỗi thế hệ (chi phí điện toán), và sau khi sửa chữa, con cái của các xuyên chéo và đột biến khó mà biểu trưng cho các giải pháp mà kết hợp cấu trúc bên dưới của bố mẹ chúng (vị trí và khả năng di truyền xấu nhất). Lin Lin và Misuo Gen trong [15] đã đề xuất một cách mã hóa dựa trên PrimPred, mã hóa dựa trên người tiền nhiệm có cải tạo. Việc khởi tạo phụ thuộc vào một thuật toán cây bao trùm ngẫu nhiên cơ bản. Quy trình cụ thể của cách mã hóa và giải mã này được giới thiệu trong [10].

### 2.1.3 Tối ưu cây khung truyền thông sử dụng thuật toán PSO

Trong phần này, chúng tôi trình bày ứng dụng của phương pháp PSO cho vấn đề cMST. Xét cấu hình trong thuật toán là các bộ gồm  $n$  nút với lược đồ biểu diễn NBE như đã trình bày ở trên. Mỗi cá thể được mã hóa bằng một ma trận  $x = \{x_{ij}\}_{n \times n}$  trong đó  $x_{ij} \in \{0,1\}$ ,  $\forall i, j = 1..n$ . Để không mất tính tổng quát chúng ta có thể giả định rằng  $G$  là đồ thị đầy đủ vô hướng. Mã hóa các node theo NBE (Node Biased Encoding) [8]

- ▶ Mã hóa: Mỗi cây khung  $T$  của đồ thị  $G=(V,E)$  được thể hiện bằng một vector có  $n$  thành phần thực  $b=(b_1, b_2, \dots, b_n)$ . ( $b$  được gọi là vector trọng số)
- ▶ Giải mã
  - *Bước 1:* Xây dựng đồ thị trung gian  $G'=(V,E)$  với việc thay đổi ma trận khoảng cách  $D'=(d'_{ij})_{n \times n}$  được tính toán như sau:
 
$$d'_{ij}=d_{ij}+P_2+(b_i+b_j)*d_{\max}$$
 trong đó  $d_{\max}=\text{MAX}\{d_{ij}\}$  và  $P_2$  là node tham số.
  - ▶ *Bước 2:* Tính  $T$  là cây khung truyền thông tối ưu trên đồ thị  $G'$  dùng thuật toán Prim

Sau khi thực hiện thuật toán Prim, các node  $i$  với trọng số  $b_i$  thấp sẽ trở thành các node interior và các node khác  $j$  với trọng số  $b_j$  cao sẽ trở thành các node lá. Hơn nữa, vector trọng số cao nhất  $b_i$ , sẽ lại trở thành node lá.

Chúng tôi sử dụng khởi tạo ngẫu nhiên hoàn toàn để khởi tạo quần thể thỏa mãn các ràng buộc (2.9) và (2.10). Chúng tôi tạo ra để thể hiện một phần tử của ma trận  $y = \{y_{ij}\}_{n \times n}$  trong đó  $y_{ij} \geq 0$ ,  $\forall i, j = 1..n$  và được tính toán bởi công thức (2.5). Hàm chi phí cho cá thể  $x$  được tính

toán bởi công thức (2.6). Điều kiện dừng được dùng trong bài viết này được xác định là số tương tác tối đa  $N_{gen}$  ( $N_{gen}$  cũng là một tham số được tính toán).

## 2.1.4 Kết quả mô phỏng và đánh giá

### 2.1.4.1 Tham số thực nghiệm

Trong các thử nghiệm, tôi đã giải quyết một số trường hợp cMST với mức độ khó khác nhau được quy định như sau:

Tôi dùng 3 cấu trúc mạng lưới hoàn chỉnh có 20 nút ( $n=20$ ) với 3 loại dịch vụ: Loại 1: Truyền hình cáp, Loại 2: Điện thoại IP, Loại 3: Dữ liệu. Trọng số (ưu tiên) của 3 loại này lần lượt là:  $w_1=0.60$ ,  $w_2=0.30$ ,  $w_3=0.10$ . Dung lượng của mỗi cạnh  $(i, j)$  được biểu diễn là các biến ngẫu nhiên phụ thuộc vào sự phân bố đồng đều:  $runif(m, 100, 1000)$ . Các yêu cầu chu trình 20 lần của các loại dịch vụ khác nhau từ nút  $s$  đến nút  $t$  được biểu diễn bởi các biến ngẫu nhiên phụ thuộc vào các hàm phân bố: Loại 1 phân bố hàm mũ:  $r*exp(|Q|, 0.03)$ , Loại 2 phân bố loga chuẩn:  $0.1*r*lnorm(|Q|, 0.1, 0.1)$ , Loại 3 phân bố bình thường:  $norm(|Q|, 0.01, 0.001)$ , trong đó:  $|Q|=100$ .

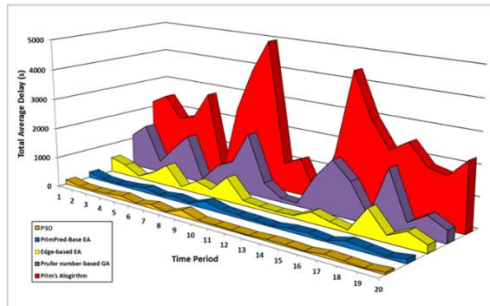
Trong các thử nghiệm của mình, chúng tôi đã xác định sẵn các tham số cho thuật toán PSO được trình bày ở Bảng 2.1.

Bảng 2. 1 ĐẶC ĐIỂM CỦA THUẬT TOÁN PSO

Kích cỡ dân số	$P = 1000$
Số tương tác tối đa	$N_{gen} = 500$
Tham số nhận thức	$c_1 = 1$
Tham số xã hội	$c_2 = 1$
Cập nhật dân số theo	Công thức (2.6) và (2.7)
Số láng giềng	$K = 3$

### 2.1.4.2 Kết quả

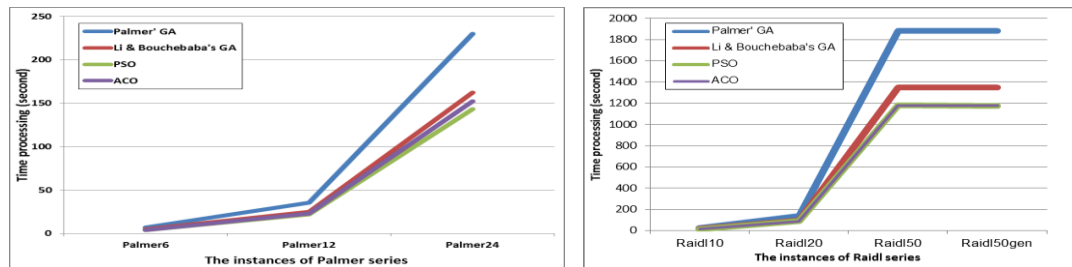
Trong các thử nghiệm, PSO do chúng tôi đề xuất được so sánh với EA dựa trên PrimPred [5], EA dựa trên Cạnh các thuật toán tiến hóa khác nhau, GA dựa trên số Prufer [7] và thuật toán truyền thống của Prim (mà không xét đến hạn chế dung lượng) [6], Hàm mục tiêu là tổng thời gian trễ trung bình của thuật toán của chúng tôi đã đạt được hiệu suất tốt hơn nhiều so với các thuật toán khác.



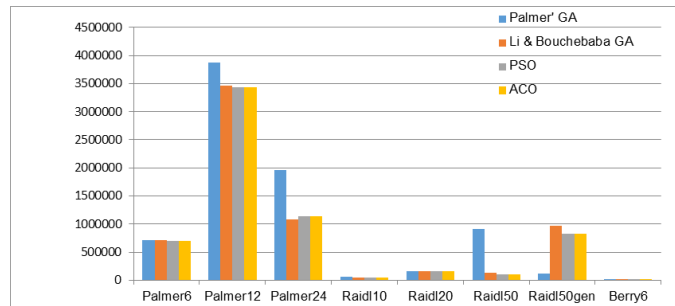
Hình 2.1 So sánh tổng thời gian trễ trung bình của PSO, EA dựa trên PrimPred, EA dựa trên cạnh, GA dựa trên số Prufer và Các thuật toán của Prim

Để đánh giá hiệu suất của thuật toán, chúng tôi đã sử dụng tập các mô hình mạng chuẩn sau: Mạng Palmer : 6 nút (Palmer6), 12 nút (Palmer12), 24 nút (Palmer24) ; Mạng Raidl : 10 nút (Raidl10), 20 nút (Raidl20), 50 nút (Raidl50, Raidl50gen); Mạng Berrry: 6 nút (Berry6). Chúng tôi thực hiện cài đặt thuật toán ACO cho các mô hình trên và so sánh kết quả thực nghiệm với các thuật toán được đề xuất trước đó như: GA Palmer, Li and Bouchebaba's GA và thuật toán PSO.

Trong các trường hợp khác (*Raidl50 and Raidl50gen*) thuật toán ACO cho giải pháp tốt hơn so với Palmer's and Li & Bouchebaba's. Các trường hợp cuối cùng (*Berry6*), tất cả các thuật toán đều có chung một giải pháp tối ưu. Tuy nhiên những thuật toán của chúng tôi vẫn là nhanh nhất. So sánh thời gian xử lý của các phương pháp tối ưu hóa được trình bày trong hình 2.3.



Hình 2.2 So sánh thời gian xử lý của các thuật toán với lớp bài toán Palmer và Raidl



Hình 2.3 Kết quả so sánh hàm chi phí của bốn thuật toán với các trường hợp chuẩn

Bảng 2.2 So sánh kết quả của các trường hợp chuẩn

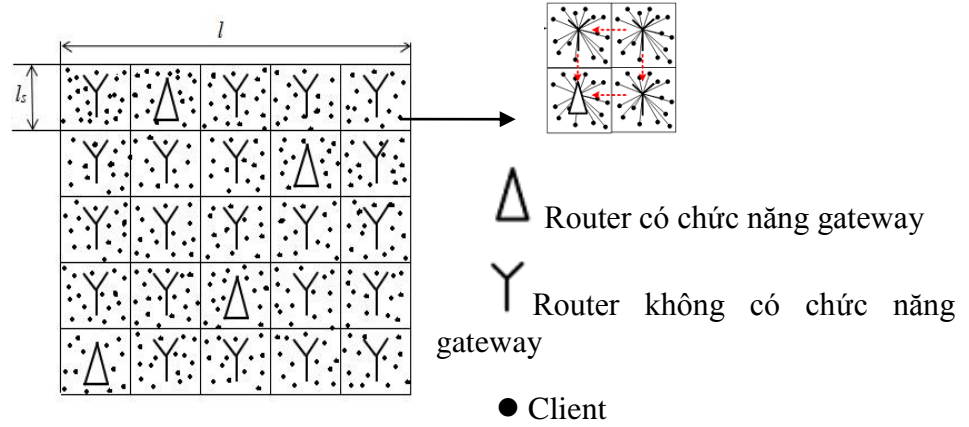
Instance	Palmer' GA		Li & Bouchebaba's GA		PSO		ACO	
	Cost	Time	Cost	Time	Cost	Time	Cost	Time
<b>Palmer6</b>	709770	6.88	708090	5	693180	4.1	<b>693162*</b>	3.92
<b>Palmer12</b>	3876488	35.53	3457952	24.7	<b>3428509*</b>	22	<b>3428509*</b>	23
<b>Palmer24</b>	1959790	229.67	<b>1086656*</b>	162	1138360	143	1138364	152
<b>Raidl10</b>	58352	22.21	<b>53674*</b>	15.93	<b>53674*</b>	14	<b>53674*</b>	14.71
<b>Raidl20</b>	165788	138.50	<b>157570*</b>	97.3	<b>157570*</b>	87.3	<b>157570*</b>	86.9
<b>Raidl50</b>	191987	1883.09	134931	1350	<b>107746*</b>	1178	<b>107746*</b>	1176
<b>Raidl50gen</b>	1230130	1883.86	964140	1351	<b>826499*</b>	1177	<b>826499*</b>	1179
<b>Berry6</b>	<b>534*</b>	6.80	<b>534*</b>	5.74	534*	4.6	<b>534*</b>	4.5

## 2.2. Tối ưu thông lượng trong mạng lưới không dây

### 2.2.1 Phát biểu bài toán

### 2.2.1.1 Topology mạng

Một mô hình WMN điển hình cho việc truy cập Internet được đề xuất như dưới đây và được minh họa trong hình 2.5. Trong đó:  $N_c$  client được giả định được phân phối trong một hình vuông  $R = [0, l]^2$ .  $R$  được phân tách thành  $\left(\frac{l}{l_s}\right)^2$  tế bào nhỏ  $R_s^j = [0, l_s]^2$  ( $j = 1.. \left(\frac{l}{l_s}\right)^2$ ), Một router được đặt tại trung tâm của mỗi tế bào.



Hình 2.4 Topo của một mạng WMN có các gateway

Đặt  $N_r$  là số router, thì  $N_r = \left(\frac{l}{l_s}\right)^2$ . Dưới đây chúng ta sẽ giới hạn trong trường hợp

$1 < N_r < N_c$ , có nhiều hơn 1 router và số router ít hơn số client. Các router tạo thành một mạng lõi không dây cung cấp một cơ sở hạ tầng không dây cho các client. Trong mỗi tế bào, các client được kết nối đến router theo mô hình hình sao, không có kết nối trực tiếp giữa các client, và router làm việc như một hub cho các client. Chẳng hạn WMN được đề cập như là một cơ sở hạ tầng WMN trong [2], được mong đợi sẽ trở nên phổ biến trong các ứng dụng WMN tương lai.

Giữa tất cả các router, có  $N_g$  router được nối dây với Internet, làm việc như là gateway. Hiển nhiên là .., số gateway không thể vượt quá số router. Việc chọn các topo là lưới vuông vì những nghiên cứu hiện tại trong sự triển khai các vấn đề [3] đã chỉ ra rằng các topo lưới vuông thiết thực hơn trong việc xây dựng hiệu năng mạng mong muốn. Dưới đây là những định nghĩa về truyền thông sẽ thường xuyên được sử dụng: *Truyền thông cục bộ (Local communications)*; *Truyền thông lõi (Backbone communications)*; *Truyền thông đường xuống (Downlink communications)*; *Truyền thông đường lên (Uplink communications)*

### 2.2.1.2 Mô hình truyền

Để chi tiết thêm kế hoạch đặt gateway mới và tính toán thông lượng của nó, một mô hình truyền được chỉ định như dưới đây: Mỗi router được trang bị 2 giao diện radio: Một truyền với tốc độ  $W_1$  bits/s cho truyền thông lõi; Một truyền với tốc độ  $W_2$  bits/s trong truyền thông cục bộ; Mỗi client truyền với tốc độ  $W_2$  bits/s trong truyền thông cục bộ. Chúng ta giả thiết rằng  $W_1$  và  $W_2$  là trực giao để truyền thông cục bộ không bị nhiễu bởi truyền thông lõi.

### 2.2.1.3 Thông lượng

**Bài toán 1: Tối ưu việc đặt gateway để cực đại tổng thông lượng của WMNs.** Trong mô hình WMN ở trên, cho  $N_c$ ,  $N_r$ ,  $N_g$ ,  $W_1$ ,  $W_2$  và sự phân phối của router, sự phân phối của client, sự truyền, việc lập lịch và các giao thức định tuyến,  $N_g$  gateway được chọn trong số  $N_r$  router để:

$$\sum_{i=1}^{N_c} TH(i, N_g) \rightarrow \max \quad (2.17)$$

đạt cực đại, trong đó  $TH(i, N_g)$  là thông lượng cho mỗi client của client thứ  $i$  khi  $N_g$  gateway được triển khai.

**Bài toán 2: Tối ưu việc đặt gateway để cực đại thông lượng của mỗi client trong trường hợp xấu nhất trong WMN.** Trong mô hình WMN ở trên, cho  $N_c$ ,  $N_r$ ,  $N_g$ ,  $W_1$ ,  $W_2$  và sự phân phối của router, sự phân phối của client, sự truyền, việc lập lịch và các giao thức định tuyến,  $N_g$  gateway được chọn trong số  $N_r$  router để

$$\min_{i=1}^{N_c} TH(i, N_g) \rightarrow \max \quad (2.18)$$

### 2.2.2 Đặt gateway hiệu quả sử dụng thuật toán PSO

Để áp dụng được thuật toán PSO cho bài toán thì việc đầu tiên chúng ta phải tìm được cách biểu diễn của các phần tử sao cho mỗi phần tử là một giải pháp của bài toán. Thông thường, có ba phương pháp mã hóa: mã hóa số thực, mã hóa số nguyên, mã hóa bit nhị phân. Tôi sử dụng phương pháp mã hóa số nguyên để mã hóa các cá thể. Mỗi phần tử là một vector  $K$  chiều ( $K$  là số gateway cần đặt vào) mà mỗi thành phần là một số nguyên tương ứng với vị trí của nó sẽ được đặt trong WMN. Cụ thể, ký hiệu các gateway là  $\{g_1, \dots, g_k\}$ , một phần tử  $j$  trong thuật toán PSO là  $\{a^j_1, \dots, a^j_k\}$  thì  $a^j_i$  sẽ tương ứng gateway  $g_i$  và nhận một giá trị nguyên được sinh ngẫu nhiên. Giả sử mô hình mạng WMN, đã trình bày trong mục 2.2.1, được chia thành  $N$  ô được đánh số từ trái sang phải, và từ trên xuống dưới. Khi đó các  $a^j_i$  sẽ nhận giá trị trong khoảng  $[0..(N-1)]$ .

**{Thuật toán giải mã đối với một phần tử}**

- (1) Xác định vị trí đặt gateways
- (2) Tính thông lượng cho trường hợp 1 ở mục 2.2.1.3.

Quần thể ban đầu được khởi tạo với  $P$  phần tử ( $P$  là tham số thiết kế). Mỗi phần tử là một vector  $K$  chiều ( $K$  là số gateway cần đặt vào) mà mỗi thành phần là một số nguyên tương ứng trong khoảng  $[0, N-1]$  được sinh ngẫu nhiên.

Giả sử quá trình thiết lập được phần tử thứ  $j$  là  $\{a^j_1, \dots, a^j_k\}$ . Khi đó giá trị thích nghi  $F_j$  của phần tử  $j$  được tính theo công thức sau:

$$F_j = 1 - \frac{1}{\sum_{i=1}^{N_c} TH(i, K)} \quad (2.24)$$

Các phần tử trong mỗi một thế hệ được cập nhật theo đúng công thức (3.7) và (3.8) ở trên. Trong đó  $present[j]$  và  $v[j]$  lần lượt là cá thể thứ  $j$  trong quần thể thuộc thế hệ đang xét và vận tốc tìm kiếm của cá thể này. Trong ngữ cảnh của bài toán đang xét,  $present[j]$  và  $v[j]$  đều là các vector thực  $K$  chiều. Vì PSO là một quá trình ngẫu nhiên, nên chúng ta phải định nghĩa điều

kiện dừng cho thuật toán. Thuật toán sẽ dừng khi giá trị của  $gBest$  và  $pBest$  không thay đổi hoặc sau  $G$  thế hệ ( $G$  là một tham số thiết kế).

### 2.2.3 Kết quả mô phỏng và đánh giá

#### 2.2.3.1 Tham số mô phỏng

Tôi đã khai báo và cài đặt các thuật toán trên ngôn ngữ lập trình C với cấu hình máy thực nghiệm là chip Intel® CPU Duo Core 3.0 GHz, bộ nhớ RAM 2G. Các tham số thiết lập khi thực thi thuật toán được mô tả trong Bảng 2.4.

Bảng 2.3 Các tham số thiết lập khi chạy thuật toán

Thuật toán PSO	Giá trị tham số
• Kích thước nhóm bầy	$P = 100$
• Số lượng vòng lặp tối đa	$N_{gen} = 500$
• Hệ số học	$c1 = c2 = 1$
• Số lần cận được xem xét	$K = 3$

#### 2.2.3.2 Kịch bản và kết quả mô phỏng

Vận dụng thuật toán PSO vào việc xây dựng một kế hoạch đặt các Gateway trong mạng WMN nhằm tối ưu thông lượng mạng, tôi đã đạt được những kết quả nghiên cứu tốt hơn những phương pháp trước đây, mà trực quan nhất là phương pháp đặt Gateway dựa trên tham số MTW [15]. Giả thiết có 5000 client được phân bố ngẫu nhiên trong một lưới vuông 25x25 ô, mỗi ô có một router.

**Kịch bản 1:** Chúng tôi nghiên cứu mối quan hệ giữa số Gateway đặt trong mạng và thông lượng mà mạng đạt được. Giả thiết băng thông cục bộ là 10Mbps, ( $c_2W_2 = 10$ ) băng thông lỗi là 20 Mbps ( $c_1W_1 = 20$ ). Sau đó tôi cho số Gateway tăng dần từ 10 đến 100, mỗi bước tăng 10 Gateway. Kết quả mô phỏng được thể hiện trong Bảng 2.5. Theo kết quả mô phỏng này chúng ta thấy không phải lúc nào tăng số Gateway thì thông lượng trong mạng cũng tăng lên. Vì khi số Gateway tăng lên, bên cạnh việc giảm số hop trong truyền thông lỗi, thì nhiều ảnh hưởng giữa các Gateway cũng gia tăng, và đôi khi nó làm giảm đáng kể thông lượng của mạng.

Bảng 2.4 Tương quan so sánh thông lượng đạt được khi đặt Gateway theo thuật toán PSO, ACO và theo phương pháp sử dụng tham số MTW

Thuật toán	Số Gateway									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
MTW	681.7	628.6	922.6	804.9	715.7	687.0	1295	1257	1218	1184
PSO	1142	<b>1097</b>	<b>1184</b>	<b>1103</b>	976.3	935.2	1452	<b>1352</b>	1241	1278
ACO	<b>1165</b>	1073	1152	1096	<b>985.1</b>	<b>967.3</b>	<b>1489</b>	1315	<b>1253</b>	<b>1291</b>

**Kịch bản 2:** Tôi so sánh thông lượng thấp nhất đạt được của mỗi client giữa hai phương pháp trên. Vẫn giả thiết các tham số như trong kịch bản 1. Theo kết quả mô phỏng nhận được trong Bảng 2.6, chúng ta lại một lần nữa dễ dàng nhận ra sự ưu việt của phương pháp đặt Gateway dựa trên thuật toán PSO, ACO so với phương pháp dùng tham số MTW.

Bảng 2.5 Tương quan so sánh thông lượng thấp nhất của mỗi client khi đặt Gateway theo thuật toán PSO, ACO và theo phương pháp sử dụng tham số MTW

Thuật toán	Số Gateway									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
MTW	0.020	0.030	0.058	<b>0.058</b>	0.041	0.040	0.07	0.07	0.071	0.072
PSO	0.035	<b>0.046</b>	<b>0.073</b>	<b>0.058</b>	0.057	<b>0.064</b>	<b>0.18</b>	<b>0.096</b>	0.085	0.093
ACO	<b>0.037</b>	0.041	0.069	<b>0.058</b>	<b>0.061</b>	0.059	<b>0.18</b>	0.092	<b>0.089</b>	<b>0.095</b>

**Kịch bản 3:** Để đánh giá rõ hơn số lượng Gateway cần đặt khi thiết kế mạng, tôi xem xét thêm trường giá trị thông lượng trung bình đạt được của mỗi Gateway khi số lượng Gateway tăng dần từ 10 đến 100, mỗi bước tăng 10 Gateway, theo cả 4 phương pháp: phương pháp sử dụng tham số MTW và phương pháp sử dụng thuật toán GA, PSO và ACO. Giả sử băng thông lỗi và băng thông cục bộ lần lượt là 20Mbps và 10Mbps. Kết quả mô phỏng được thể hiện như Bảng 2.7.

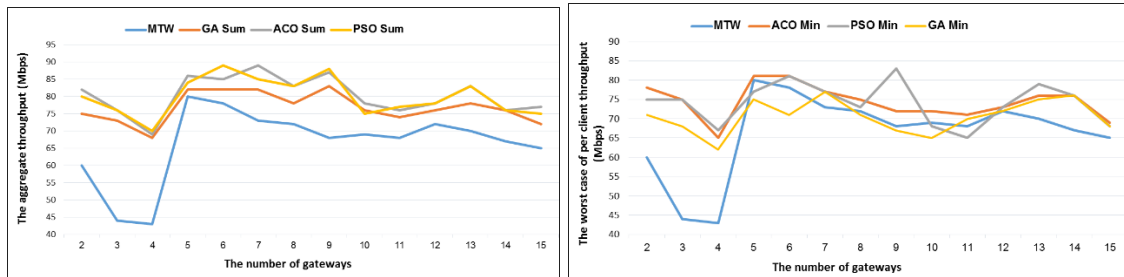
Bảng 2.6 Giá trị thông lượng trung bình của các Gateway

Thuật toán	Số Gateway									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
MTW	68.17	31.43	30.07	20.12	14.31	11.45	18.50	15.71	13.54	11.84
GA	111.0	52.03	37.29	25.28	18.43	14.51	18.78	<b>15.98</b>	13.76	12.09
PSO	114.6	<b>57.12</b>	<b>38.57</b>	25.28	<b>20.57</b>	14.51	<b>18.93</b>	<b>15.98</b>	<b>13.85</b>	12.24
ACO	<b>116.5</b>	56.41	37.84	<b>26.15</b>	19.44	<b>15.16</b>	<b>18.93</b>	<b>15.98</b>	3.79	<b>12.31</b>

Để đánh giá hiệu quả của vị trí các Gateway, tôi sử dụng 2 tham số: Tổng thông lượng của tất cả các Client của các thuật toán lần lượt là  $PSO\_Sum$ ,  $ACO\_Sum$ . Thông lượng tối thiểu của mỗi Client gọi là  $PSO\_Min$ ,  $ACO\_Min$ .

**Kịch bản 4:** Giả sử  $N_c=200$ ,  $N_r=36$ ,  $l=1000m$ , ta xét 1000 client được phân bố trên lưới hình vuông kích thước 1000m x 1000m. Ta chia thành 36 hình vuông nhỏ và mỗi một router được đặt tại trung tâm hình vuông. Các tham số được sử dụng là  $CRF = 4$ ,  $SRD=3$ ,  $IntD=2$ , băng thông mạng lỗi là 20 Mbps và băng thông mạng cục bộ là 10 Mbps.

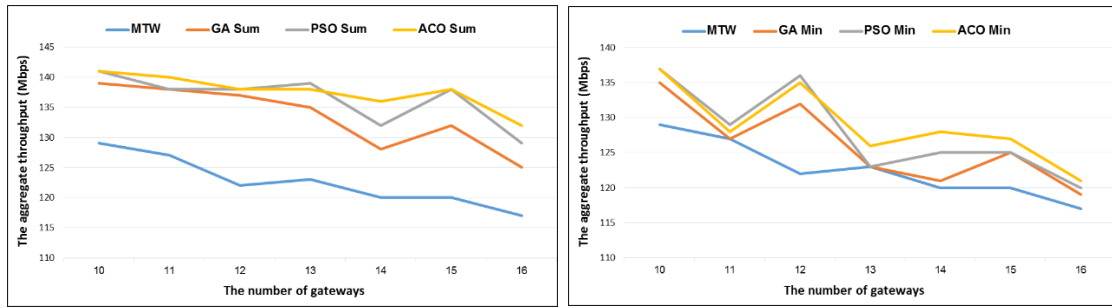
Trong kịch bản 4, tôi so sánh thông lượng của các phương án tối ưu giữa các thuật toán trung bình trong trường hợp xấu nhất và trong trường hợp trung bình. Kết quả so sánh được thể hiện trong Hình 2.16 và Hình 2.17.



Hình 2.5 So sánh thông lượng trung bình và xấu nhất của Client trong kịch bản 4

**Kịch bản 5:** Tương tự như kịch bản 4 nhưng tôi thay thế các giá trị  $N_c=400$ ,  $N_r=64$  và lưu lượng cục bộ yêu cầu trên mỗi router được sinh ngẫu nhiên. Kết quả của kịch bản 5 được thể hiện trong Hình 2.6.





Hình 2.6 So sánh thông lượng trung bình và xấu nhất của Client trong kịch bản 5

### 2.2.3.3 Đánh giá

Kết quả mô phỏng cho chúng ta một cái nhìn tổng quan để chọn số lượng gateway cần đặt khi thiết kế mạng. Khi số lượng gateway càng lớn, thông lượng trung bình đạt được bởi các gateway càng nhỏ, điều này sẽ gây ra sự lãng phí tài nguyên mạng. Vì vậy chúng ta cần chọn số gateway phù hợp để đảm bảo thông lượng tốt nhất cho mạng, và không gây lãng phí. Kết quả mô phỏng trong *Bảng 3.4* còn cho chúng ta thấy với cùng số gateway, phương pháp sử dụng thuật toán PSO và ACO luôn cho giá trị thông lượng trung bình của các gateway tốt hơn. Như vậy dù trong bất cứ trường hợp nào, phương pháp đặt gateway sử dụng thuật toán PSO cho ta kết quả tốt hơn kết quả đạt được bởi phương pháp sử dụng tham số MTW.

## 2.3 Kết luận chương 2

Trong chương này, luận án đề xuất một thuật toán PSO để giải quyết bài toán tối ưu thông lượng trong mạng lưới. Mô hình bài toán được chuyển về cây bao trùm tối thiểu có khả năng (cMST) mà xem xét đến các khả năng của mạng lưới, sự ưu tiên khác nhau cho các loại hình dịch vụ và môi trường năng động khác nhau. Trong thuật toán của tôi, các hàm mục tiêu được xác định bởi tổng số thời gian trễ trung bình dựa trên ma trận pheromone của kiến thỏa mãn các hạn chế dung lượng để tìm các giải pháp thích hợp tốt. Các thử nghiệm số với các vấn đề mạng lưới thông tin liên lạc có quy mô khác nhau cho thấy tính hiệu quả và hiệu quả của thuật toán của chúng tôi, điều này cho thấy rằng thuật toán này tốt hơn nhiều so với những nghiên cứu gần đây.

Bài toán đặt Gateway trong mạng WMN nhằm tối ưu thông lượng mạng - một vấn đề có ý nghĩa thực tiễn cao sử dụng thuật toán tối ưu bầy đàn (PSO) dựa trên độ đo tham số MTW để đánh giá đối với từng Gateway. Các kết quả mô phỏng được phân tích cho thấy rõ sự ưu việt của các phương pháp này về cả hiệu suất lẫn độ hội tụ của phương án tối ưu. Hiệu suất tốt nhất đạt được với thuật toán PSO là mức thấp nhất về năng lượng và thời gian truyền thông. Với vai trò là một bài toán có ý nghĩa thực tiễn cao, bài toán đặt Gateway trong mạng WMN nhằm tối ưu thông lượng mạng hẳn sẽ còn được nghiên cứu tiếp và sẽ còn những giải pháp tốt hơn.

## Chương 3. Tối ưu truy cập mạng

### 3.1 Đặt trạm cơ sở trong mạng thông tin di động

#### 3.1.1 Mô hình bài toán

Chúng ta có thể định nghĩa hình thức mô hình truyền thông trong mạng di động như sau: Có  $M$  trạm BTS, chúng ta cần thiết lập  $N$  trạm BTS thành các trạm điều khiển để quản lý lưu lượng mạng (ở đây  $N \ll M$ ). Bài toán TA [1] được định nghĩa như sau: Gọi  $l_1, l_2, \dots, l_{M-N}$  là tập các trạm đầu cuối;  $w_1, w_2, \dots, w_{M-N}$  là trọng số của các trạm đầu cuối;  $r_1, r_2, \dots, r_N$  là tập các trạm điều khiển;  $p_1, p_2, \dots, p_N$  là dung lượng các trạm điều khiển. Ở đây,  $w_i$  là trọng số hoặc dung lượng được yêu cầu bởi thiết bị đầu cuối  $l_i$ . Các trọng số và dung lượng yêu cầu là các số nguyên dương thỏa mãn ràng buộc sau:

$$w_i < \min \{p_1, p_2, \dots, p_N\}, \forall i = 1, 2, \dots, M - N \quad (3.1)$$

Các thiết bị đầu cuối và điều khiển được định vị trên lưới Euclide, trạm đầu cuối  $l_i$  có tọa độ là  $(l_{i1}, l_{i2})$  và trạm điều khiển  $r_j$  có tọa độ là  $(r_{j1}, r_{j2})$ . Chúng ta cần thiết lập mỗi thiết bị đầu cuối tới một thiết bị điều khiển sao cho không thiết bị điều khiển nào vượt quá dung lượng đáp ứng của mình. Gọi  $\hat{x} = \{\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_{M-N}\}$  là vectơ nghiệm của bài toán theo qui ước  $\hat{x}_i = j$  có nghĩa là thiết bị đầu cuối  $l_i$  được phục vụ bởi trạm điều khiển  $r_j$  với  $\hat{x}$  là một số nguyên thỏa mãn  $1 \leq \hat{x} \leq N$ . Khi đó, tổng dung lượng được phục vụ của mỗi trạm điều khiển phải thỏa mãn ràng buộc sau:

$$\sum_{i \in R_j} w_i < p_j, j = 1..N \quad (3.2)$$

với  $R_j = \{i \mid \hat{x}_i = j\}$  là tập các trạm đầu cuối được phục vụ bởi trạm điều khiển  $r_j$ . Hàm mục tiêu của bài toán là tìm  $\hat{x}$  sao cho:

$$F(\hat{x}) = \sum_{i=1}^{M-N} \text{cost } t_{ij} \rightarrow \min, j = 1, 2, \dots, N \quad (3.3)$$

Với  $\text{cost } t_{ij} = \sqrt{(l_{i1} - r_{j1})^2 + (l_{i2} - r_{j2})^2}$  là khoảng cách giữa trạm đầu cuối  $l_i$  và trạm điều khiển  $r_j$ .

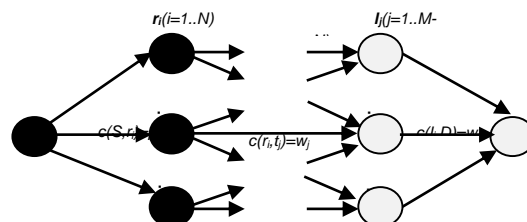
Bài toán OCLP được xây dựng dựa trên 2 giai đoạn thể hiện trong hình 3.1. Giai đoạn đầu là chọn ra  $N$  trạm điều khiển từ  $M$  trạm BTS, giai đoạn tiếp theo là với mỗi trạm điều khiển được thiết lập chúng ta sẽ quay lại xác định việc kiểm soát các trạm BTS dựa trên bài toán TA vừa trình bày ở trên.

### 3.1.2 Các nghiên cứu liên quan

Tối ưu thiết kế mạng không dây được mô hình hóa bằng 2 bài toán. Bài toán thứ nhất là xác định các thiết bị đầu cuối (*Terminal Assignment-TA*) [1] với mục tiêu xác định các kết nối có chi phí thấp nhất trong mạng thông qua thiết lập các kết nối từ một tập các thiết bị đầu cuối đến một tập các trạm thu phát sóng di động với hai ràng buộc là mỗi thiết bị đầu cuối phải kết nối được tới ít nhất một và chỉ một trạm thu phát sóng và dung lượng yêu cầu của thiết bị đầu cuối được kết nối phải nhỏ hơn hoặc bằng dung lượng còn lại của trạm thu phát sóng được kết nối. Bài toán thứ hai là cho trước một tập các trạm BTS đã có vị trí xác định, hãy thiết lập một số BTS trở thành các trạm điều khiển sao cho thỏa mãn các ràng buộc về dung lượng và kết nối (*Optimal Location of Controller Problem-OCLP*) [2]. Hàm mục tiêu của bài toán hướng đến là tổng khoảng cách kết nối từ các trạm BTS tới các trạm được thiết lập thành trạm điều khiển phải là nhỏ nhất. Cả hai bài toán TA và OCLP đều thuộc lớp bài toán khó (NP-Hard) vì thế hầu hết các hướng tiếp cận để giải quyết đều dựa trên Heuristic. Các thuật toán được nghiên cứu và đề xuất trước đó là: Năm 2002, F.Houeto và S.Pierre sử dụng thuật toán tìm kiếm Tabu (Tabu Search) để giải bài toán TA [3]. Năm 2003, B.Krishnamachari và S.Wicker sử dụng thuật toán luyện thép (Simulated Annealing-SA) [4-5], A.Quintero và S.Pierre sử dụng thuật toán di truyền (GA) [6] để giải bài toán xác định các cell trong mạng di động. Năm 2007, S.Salcedo-Sanz cùng các cộng sự đã giới thiệu hướng kết hợp dựa trên Heuristic giữa SA với thuật toán tham lam gọi là SA-Greedy để giải bài toán OCLP [7]. Nhưng tất cả các thuật toán trên đều tìm phương án tối ưu bằng cách chọn các thiết bị đầu cuối gần nhất với trạm thu phát còn trống có đủ dung lượng. Điều này chưa thực sự giải quyết được tối ưu bài toán một cách toàn cục. Để giải quyết bài toán OCLP, có nhiều cách tiếp cận, luận án này đề xuất các thuật toán mới dựa trên tiếp tối ưu theo nhóm bầy (Particle Swarm Optimization-PSO) để giải quyết bài toán OCLP.

### 3.1.3 Thuật toán PSO cho bài toán OCLP

Mỗi cá thể trong thuật toán PSO được mã hóa bằng xâu nhị phân  $x = \{x_1, x_2, \dots, x_M\}$  có độ dài  $M$ . Ở đây,  $x_i=1$  có nghĩa là trạm BTS  $i$  được lựa chọn thành trạm điều khiển và ngược lại. Để khởi tạo nhóm bầy, tôi sẽ sinh ngẫu nhiên vị trí các phần tử. Sau đó tiến hành hiệu chỉnh lại các cá thể sao cho mỗi cá thể  $x$  sẽ có  $p$  bit 1. Để đảm bảo mỗi cá thể có chính xác  $N$  bit 1 ứng với  $N$  trạm điều khiển cần thiết lập tôi đề xuất hàm *PSO\_Repair* để hiệu chỉnh các cá thể. Với mỗi cá thể có đúng  $N$  bit 1 biểu diễn cho  $N$  trạm điều khiển. Tôi sẽ xây dựng đồ thị 2 phía  $G=(I, J, E)$  dựa trên mỗi cá thể  $x$ . Với  $I = \{1, 2, \dots, N\}$  là tập hợp các trạm điều khiển,  $J = \{1, 2, \dots, M - N\}$  là tập các BTS và  $E$  là tập các cạnh kết nối giữa trạm điều khiển  $r_i$  và BTS  $l_j$ . Để tìm luồng cực đại của đồ thị  $G$ , thêm vào 2 đỉnh nguồn  $S$  (*Source*) và đỉnh đích là  $D$  (*Destination*) với trọng số được xác định như hình 3.1.



Hình 3.1 Đồ thị 2 phía ứng với cá thể  $x$

Trong đó: Các cạnh từ đỉnh  $S$  đến các  $r_i$  có trọng số bằng dung lượng của  $r_i$ :  $c(S, r_i) = p_i$ , ( $i=1..N$ ). Các cạnh từ BTS  $l_j$  đến đỉnh  $D$  có trọng số bằng dung lượng yêu cầu của BTS  $l_j$ :  $c(l_j, D) = w_j$ , ( $j=1..M-N$ ). Các đỉnh từ  $r_i$  đến các trạm BTS  $l_j$  bằng dung lượng yêu cầu của BTS  $l_j$ :  $c(r_i, l_j) = w_i$ , ( $(i, j) \in E$ ). Để tìm luồng cực đại, chúng tôi thêm vào đồ thị  $G$  hai đỉnh nguồn  $S$  (Source) và đỉnh đích là  $D$  (Destination) với trọng số được xác định như hình 3.2. Như vậy, đồ thị  $G$  trở thành một mạng vận tải. Ta sẽ tìm luồng cực đại thỏa mãn các ràng buộc trong (3.2) dựa trên thuật toán Ford-Fulkerson [9]. Hàm mục tiêu được xác định dựa trên luồng cực đại là tổng khoảng cách kết nối như sau:

$$F(x) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M-N} \sqrt{(r_{i1} - l_{j1})^2 + (r_{i2} - l_{j2})^2} \quad (3.8)$$

Hàm mục tiêu của bài toán cũng được xác định dựa trên xây dựng đồ thị hai phía. Điều kiện dừng của thuật toán được định nghĩa bằng tham số  $N_{gen}$  - là số vòng lặp tối đa.

### 3.1.4 Các kết quả thực nghiệm và phân tích

#### 3.1.4.1 Mô hình thực nghiệm và thiết lập tham số cho các thuật toán

Để tiến hành thực nghiệm và phân tích các thuật toán, tôi đã sử dụng các bài toán OCLP với mức độ khó khác nhau được xác định dựa trên các giá trị của  $N$ ,  $M$  và kích thước lưới. Mô tả chi tiết 10 bài toán OCLP được cho trong Bảng 3.1.

Bảng 3.1 So sánh kết quả thực nghiệm giữa các thuật toán đề xuất và thuật toán trước đó

Bài toán #	Số trạm BTS (M)	Số trạm điều khiển (N)	Kích thước lưới
1	10	2	100x100
2	15	3	100x100
3	20	4	100x100
4	40	6	200x200
5	60	8	200x200
6	80	10	400x400
7	100	15	600x600
8	120	20	800x800
9	150	25	1000x1000
10	200	50	1500x1500

Các thuật toán được khai báo và cài đặt với các tham số được cho trong bảng 3.2:

Bảng 3.2 Thiết lập tham số cho thuật toán

Tham số	Giá trị
Kích thước quần thể	$P = 100$
Số vòng lặp	$N_{gen} = 500$
Hệ số học	$c_1 = c_2 = 1$
Số lân cận được xem xét	$K = 3$

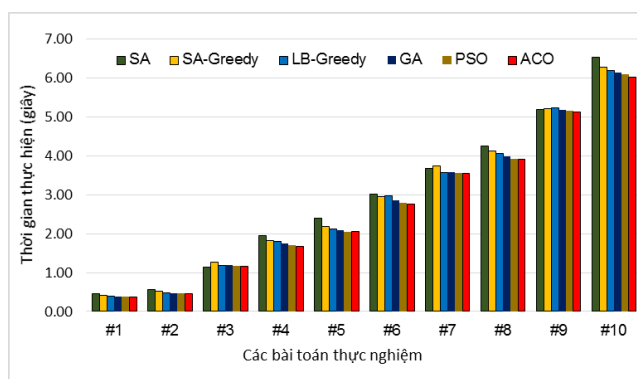
#### 3.1.4.2 Phân tích, đánh giá các thuật toán

Để đánh giá tính hiệu quả của các thuật toán của mình, tôi đã so sánh kết quả thực nghiệm với các thuật toán *SA*, *SA-Greedy*, *LB-Greedy* được đề xuất trước đó. Các kết quả cho thấy các thuật toán mới được đề xuất cho kết quả xấp xỉ và tốt hơn các thuật toán đã có với các số liệu được cho trong bảng 3.3.

*Bảng 3.3 So sánh hàm mục tiêu của các thuật toán đề xuất và thuật toán trước đó*

Bài toán #	SA	SA-Greedy	LB-Greedy	GA	PSO	ACO
1	<b>187.4</b>	<b>187.4</b>	<b>187.4</b>	<b>187.4</b>	<b>187.4</b>	<b>187.4</b>
2	<b>315.0</b>	<b>315.0</b>	<b>315.0</b>	<b>315.0</b>	<b>315.0</b>	<b>315.0</b>
3	428.3	427.2	419.6	415.4	<b>412.7</b>	418.7
4	1784.7	1798.5	1658.2	<b>1615.3</b>	<b>1615.3</b>	<b>1615.3</b>
5	2135.9	2215.1	1976.3	<b>1910.6</b>	1911.9	1916.6
6	4863.2	4863.2	4627.5	4507.8	<b>4503.4</b>	4518.1
7	7955.6	8027.2	7371.9	7144.1	7137.1	<b>7136.5</b>
8	12863.7	13753.8	10863.7	9584.3	<b>9563.6</b>	9578.4
9	23638.6	26624.3	19569.2	16896.7	<b>16861.3</b>	16874.7
10	157894.2	168253.7	143665.4	141276.9	<b>141235.8</b>	141257.2

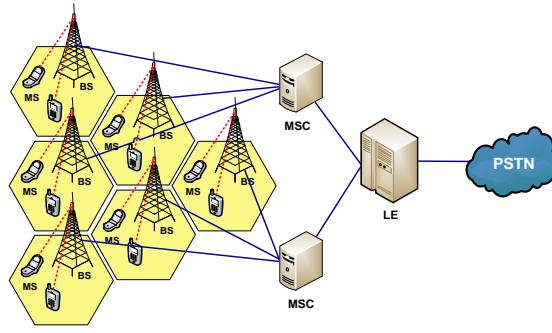
Khi kích thước lưới và số lượng các trạm BTS nhỏ như các bài toán #1, #2 và #3 thì tất cả các thuật toán đều cho các kết quả tốt xấp xỉ nhau. Tuy nhiên, khi kích thước lưới lớn và số lượng trạm tăng lên thì các kết quả đã có những sự khác biệt rõ về hàm mục tiêu như trong bài toán #6, #7, #8, #9 và #10. Đánh giá về hiệu suất thực thi, chúng tôi đã so sánh thời gian thực hiện các thuật toán trên trong hình 3.3



*Hình 3.2 So sánh thời gian thực hiện của các thuật toán đề xuất và thuật toán trước đó*

### 3.2 Tối ưu truy cập tập trung trong mạng không dây

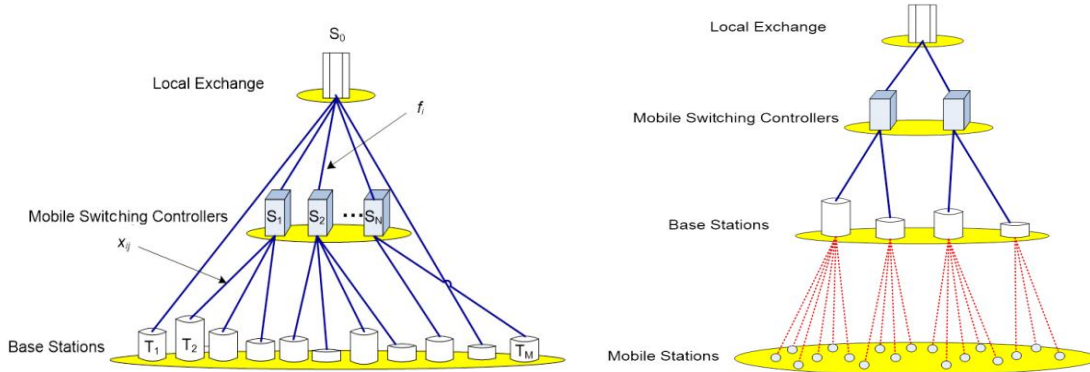
Mạng truy cập trong kiến trúc hệ thống di động tế bào gồm 4 tầng tương tác: tương tác giữa các trạm di động (mobile station-MS) hay tập các người dùng đến các trạm thu phát sóng cơ sở (base transceiver stations-BTS), tương tác giữa các trạm thu phát sóng cơ sở với các trung tâm chuyển mạch di động (mobile switching centers-MSC), và tương tác giữa các trung tâm chuyển mạch di động với tổng đài truy cập tập trung (local exchanges-LE) trong mạng PSTN. Kiến trúc mạng truy cập được mô tả trong Hình 3.5.



Hình 3.3 Kiến trúc mạng truy cập không dây

### 3.2.1 Mô hình bài toán

Mô hình bài toán truy cập tập trung [5] được mô tả như sau: Gọi  $N$  là số trạm BTS ( $T_1, T_2, \dots, T_N$ ), giả sử vị trí các trạm đã biết trước. Gọi  $M$  là số vị trí tiềm năng ( $S_1, S_2, \dots, S_M$ ) nơi có thể thiết lập các trạm MSC để kết nối các BTS, các BTS có thể kết nối trực tiếp đến trung tâm LE,  $S_0$  như Hình 3.6.



Hình 3.4 Mô hình mạng truy cập không dây

Hình 3.6 biểu diễn kiến trúc kiến trúc truy cập mạng gồm 1 LE, 2 MSC, 4 BTS và 18 MSs. Giả sử rằng MSC tại vị trí  $S_j$  có thể đáp ứng tối đa được  $P_j$  BTS ( $j = 1..M$ ) theo ràng buộc về giới hạn phần cứng và dung lượng kết nối của MSC đến LE và trạm LE trung tâm không chịu ràng buộc về giới hạn về dung lượng đáp ứng.

Gọi  $c_{ij}$  là chi phí kết nối từ BTS  $T_i$  đến MSC  $S_j$  hoặc đến vị trí trung tâm  $S_0$ , chú ý rằng nếu BTS kết nối trực tiếp đến LE thì  $c_{ij}=0$ . Ma trận chi phí  $C=\{c_{ij}\}_{N \times M+1}$  được biểu diễn như sau:

$$C = (c_{ij})_{N \times M+1} = \begin{pmatrix} c_{10} & c_{11} & \dots & c_{1M} \\ c_{20} & c_{21} & \dots & c_{2M} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{N0} & c_{N1} & \dots & c_{NM} \end{pmatrix} \quad (3.9)$$

Nếu MSC  $S_j$  được sử dụng thì chi phí kết nối sẽ là tổng chi phí kết nối của các BTS  $T_i$  đã kết nối đến. Gọi  $f_j$  là vector chi phí kết nối của MSC  $S_j$  đến trạm trung tâm LE  $S_0$ , và  $b_j$  là chi phí duy trì hoạt động. Hai vector chi phí được mô tả như sau:

$$\begin{cases} F = (f_0, f_1, \dots, f_M) \\ B = (b_0, b_1, \dots, b_M) \end{cases} \quad (3.10)$$

Trong đó,  $b_0=0$  và  $f_0=0$  với giả thiết rằng chi phí kết nối và duy trì của trạm trung tâm LE là không bị giới hạn. Tương tự, chúng ta có thể đặc tả các ràng buộc về số lượng giới hạn tối đa các BTS được đáp ứng bởi MSC thông qua vector:

$$P = (p_0, p_1, \dots, p_M) \quad (3.11)$$

Trong đó,  $p_j$  là số lượng tối đa BTS được đáp ứng bởi MSC  $S_j$  ( $j = 1..M$ ),  $p_0=N$  (vì LE có thể đáp ứng được tất cả các yêu cầu của  $N$  BTS nếu các BTS này kết nối trực tiếp đến nó).

Ma trận biến thể hiện các kết nối được biểu diễn như sau:

$$X = (x_{ij})_{N \times M+1} = \begin{pmatrix} x_{10} & x_{11} & \dots & x_{1M} \\ x_{20} & x_{21} & \dots & x_{2M} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{N0} & x_{N1} & \dots & x_{NM} \end{pmatrix} \quad (3.12)$$

Trong đó,

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } T_i \text{ is connected to } S_j \\ 0 & \text{if } T_i \text{ is not connected to } S_j \end{cases} \quad (3.13)$$

Chú ý rằng, mỗi BTS phải kết nối đến ít nhất một MSC hoặc trực tiếp đến trạm trung tâm LE. Điều đó có nghĩa là có một và chỉ một giá trị trên mỗi dòng  $i$  trong ma trận  $X$  có giá trị 1. Mỗi cột  $j$  trong ma trận  $X$  thể hiện số kết nối của BTS đến MSC  $S_j$  ( $j = 0..M$ ), nếu tất cả các giá trị của cột  $j$  đều bằng 0 thể hiện rằng MSC đó không được sử dụng. Từ đó, ta có thể biểu diễn các trạm MSC được sử dụng từ ma trận  $X$  bằng vector sau:

$$Y = (y_0, y_1, \dots, y_M) \quad (3.14)$$

Trong đó, thành phần  $y_j$  ( $j = 0..M$ ) được định nghĩa như sau:

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{if } S_i \text{ used, if } \sum_{i=1}^N x_{ij} > 0 \\ 1 & \text{if } S_i \text{ not used, if } \sum_{i=1}^N x_{ij} = 0 \end{cases} \quad (3.15)$$

Khi đó, tổng chi phí kết nối trong mạng được biểu diễn thông qua ma trận  $X$  và vecto  $Y$  như sau:

$$\begin{aligned} Z &= \sum_{i=1}^N \sum_{j=0}^M (c_{ij} \times x_{ij}) + \sum_{j=0}^M (f_j \times y_j) + \sum_{j=0}^M (b_j \times y_j) \\ \Leftrightarrow Z &= \text{sumdiag}(C \times X^T) + F \times Y^T + B \times Y^T \end{aligned} \quad (3.16)$$

Trong đó  $X^T$  và  $Y^T$  là ma trận và vecto chuyển vị,  $\text{sumdiag}(A)$  là tổng các thành phần trong phép nhân ma trận.

Bài toán tối ưu truy cập tập trung trong mạng được phát biểu như sau: Tìm ma trận  $X$  và vectơ  $Y$  sao cho tối thiểu chi phí kết nối  $Z$

$$Z = \text{sumdiag}(C \times X^T) + F \times Y^T + B \times Y^T \rightarrow \min \quad (3.17)$$

Thỏa mãn ràng buộc:

$$X \times E = E \quad (3.18)$$

$$E^T \times X \leq P \quad (3.19)$$

Ràng buộc (3.18) thể hiện tổng các thành phần trên dòng  $i$  của ma trận  $X$  phải bằng 1 ( $i=1,2,\dots,N$ ) với  $E$  là vectơ cột với các thành phần bằng 1. Ràng buộc (3.19) thể hiện rằng tổng các thành phần trong cột  $j$  của ma trận  $X$  phải nhỏ hơn hoặc bằng  $p_j$  ( $j = 0..M$ ) tức là số lượng BTS tối đa có thể đáp ứng bởi MSC  $S_j$

### 3.2.2 Các nghiên cứu liên quan

Các tác giả trong [5] đã đưa ra mô hình kiến trúc truy cập tập trung trong mạng di động thể hiện sự tương tác giữa các BTS đến MSC và giữa các MSC đến LE. Đây là kiến trúc đặc trưng tiêu biểu trong các mạng di động tế bào. Trong trường hợp đơn giản, kiến trúc mạng có thể biểu diễn theo mô hình truy cập tập trung hình cây. Tức một trạm LE sẽ được sử dụng để điều khiển tập các MSC, mỗi một MSC sẽ điều khiển truy cập một tập các BTS. Cuối cùng, mỗi BTS sẽ cung cấp các kết nối đến một nhóm các trạm di động MS thông qua các kết nối không dây. Đây là kiến trúc rất quan trọng, hiện đang thu hút được rất nhiều nghiên cứu với các công bố trong [5-9]. Tuy nhiên, đây là một bài toán khó và phức tạp nên các nghiên cứu đều tập trung theo hướng sử dụng các thuật toán heuristic để giải quyết. Thuật toán Exhaustive search sinh ra tất cả các ma trận kết nối có thể và kiểm tra tìm ra ma trận kết nối với chi phí tối thiểu được đề xuất trong [6]. Thuật toán Heuristic sử dụng tư tưởng greedy để tìm kết nối tối ưu sau mỗi vòng lặp với việc sử dụng các MSC gần nhất còn đủ dung lượng để đáp ứng các yêu cầu của BTS được đề xuất trong [7].

### 3.2.3 Thuật toán PSO cho bài toán tối ưu truy cập tập trung

Mỗi cá thể trong thuật toán PSO được mã hóa bằng ma trận  $x = (x_{ij})_{N \times M+1}$  ( $i = 1..N, j = 0..M$ ). với qui ước  $x_{ij} = 1$  có nghĩa là BTS  $T_i$  tương ứng đã được kết nối với MSC  $S_j$ , và ngược lại. Để khởi tạo nhóm bầy, chúng tôi sẽ sinh ngẫu nhiên vị trí các phần tử. Sau đó tiến hành hiệu chỉnh lại các cá thể sao cho mỗi cá thể  $x$  thỏa mãn ràng buộc (3.18-3.19). Để đảm bảo mỗi cá thể có chính xác  $N$  bit 1 ứng với  $N$  trạm điều khiển cần thiết lập tôi đề xuất hàm *PSO\_Repair* để hiệu chỉnh các cá thể. Sau khi chuẩn hóa, mỗi cá thể kiến sẽ có tổng các phần tử trong dòng  $i$  của ma trận bằng 1 ( $i = 1,2, \dots, N$ ) và tổng các phần tử trong cột  $j$  của ma trận  $k$  phải nhỏ hơn hoặc bằng  $p_j$ . Hàm mục tiêu được tính theo (3.17).

### 3.2.4 Kết quả thực nghiệm và đánh giá

Thực nghiệm được tiến hành trên 8 bài toán với mức độ khó khác nhau thể hiện thông qua số lượng các trạm  $N$  và  $M$ . Thông tin về các dữ liệu, và ma trận chi phí BS-kết nối hiển thị trong Bảng 3.4.



Bảng 3.4 Thông tin các bài toán thực nghiệm

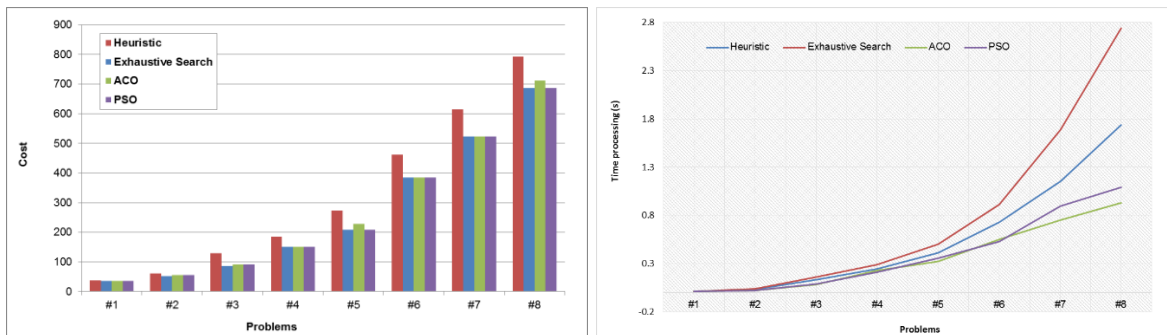
Bài toán #	Số trạm MSCs	Số trạm BTSs
#1	4	10
#2	5	20
#3	8	40
#4	10	80
#5	20	100
#6	40	150
#7	50	200
#8	60	250

Tham số thực nghiệm chi tiết của các thuật toán PSO được cho trong Bảng 3.5

Bảng 3.5 Tham số thực nghiệm của thuật toán PSO

Kích thước quần thể	100
Tham số học	$c1=1, c2=1$
Số lần cận xem xét	$K=3$
Số vòng lặp tối đa	$N_{gen} = 500$

Thực nghiệm được tiến hành nhằm so sánh hiệu quả thực thi giữa các thuật toán đề xuất với thuật toán Exhaustive Search [5] và Heuristic [8]. Hình 3.5 thể hiện kết quả so sánh hàm mục tiêu giữa các thuật toán.



Hình 3.5 So sánh hàm mục tiêu và thời gian giữa các thuật toán

Kết quả cho thấy các giá trị hàm mục tiêu của thuật toán của chúng tôi đã đạt được một tốt hơn nhiều so với một thuật toán Heuristic và các giải pháp tốt gần đúng của Đầy đủ Tìm kiếm thuật toán. Tuy nhiên, hiệu suất của thuật toán đề xuất của chúng tôi là tốt hơn so với thuật toán khác. Việc so sánh thời gian xử lý cho thấy trong hình 3.5.

### 3.3 Kết chương

Trong chương này, luận án đề xuất thuật toán PSO và ACO để giải quyết 2 bài toán đặt các trạm cơ sở trong mạng không dây và tối ưu truy cập trong mạng không dây. Đây là các bài toán quan trọng trong thiết kế và tối ưu mạng. Các thử nghiệm số với các vấn đề mạng lưới thông tin liên lạc có quy mô khác nhau cho thấy tính hiệu quả và hiệu quả của thuật toán đề xuất, điều này cho thấy rằng thuật toán này tốt hơn nhiều so với những nghiên cứu gần đây.

# Kết luận và hướng phát triển

## 1. Đóng góp của luận án

- ☞ Trong luận án này, đóng góp đầu tiên của luận án là trình bày hệ thống các thuật toán phỏng sinh học hiện nay đang được cộng đồng nghiên cứu trong và ngoài nước sử dụng nhiều nhất để giải các bài toán tối ưu hóa tổ hợp như GA, PSO, và ACO. Từ việc phân tích lý thuyết chúng tôi đã hướng luận án đến việc sử dụng thuật toán PSO để giải các bài toán qui hoạch trong mạng không dây. Việc phân tích các bài toán quan trọng trong qui hoạch mạng không dây cũng được trình bày trong chi tiết.
- ☞ Các đóng góp tiếp theo của luận án là áp dụng thành công PSO để giải các bài toán qui hoạch mạng không dây, cụ thể:
  - Đối với bài toán đặt gateway để tối ưu thông lượng của mạng lưới không dây. Luận án đã trình bày trong chi tiết cách tính thông lượng của các truyền thông lỗi, truyền thông cục bộ, thông lượng khả thi cho các mạng lưới không dây. Sau đó, chúng tôi thiết kế việc đặt các gateway đồng thời dựa trên thuật toán PSO để khắc phục nhược điểm của các phương pháp khác khi đặt lần lượt các gateway do gateway đặt sau phụ thuộc vào gateway đặt trước. Với cách làm như vậy, phương pháp đặt gateway của chúng tôi đề xuất đạt được hiệu quả cao hơn so với các phương pháp đã tiếp cận trước đó.
  - Đối với bài toán cây truyền thông tối ưu, luận án đã chỉ ra ứng dụng trong việc định tuyến broadcast trong mạng không dây. Việc mã hóa số thực của các cá thể trong thuật toán PSO kết hợp với NBE cho phép thuật toán có thể tìm được lời giải gần với tối ưu toàn cục khi không gian tìm kiếm rộng hơn. Các kết quả thực nghiệm chỉ ra PSO là hiệu quả hơn một số thuật toán trước đó trên nhiều tập dữ liệu mẫu khác nhau.
  - Đối với vấn đề tối ưu hóa truy cập, bài toán đặt các trạm cơ sở và tối ưu hóa truy cập, luận án đã trình bày phương pháp mã hóa mới để chuyển việc giải mã các cá thể thành việc tìm các cặp ghép lớn nhất trên đồ thị hai phía dựa vào thuật toán tìm luồng cực đại trong thời gian đa thức. Do việc biểu diễn và giải mã như vậy, nên thuật toán đề xuất PSO cho hai bài toán này có hiệu quả tốt hơn các cách tiếp cận trước đó.

- Một việc làm khác của luận án cũng có thể xem như là các đóng góp đó là để so sánh hiệu quả của PSO , luận án cũng mô phỏng đánh giá so sánh PSO với các thuật toán phỏng sinh học khác như GA và ACO.

## **2. Định hướng phát triển:**

Luận án chưa phân tích được sự ảnh hưởng của các tham số trong các thuật toán phỏng sinh học đến hiệu năng của thuật toán. Mặt khác, các bài toán tối ưu được xem xét đã giảm bớt các yếu tố thực tế như địa hình, độ nhiễu,... Để bài toán dễ giải hơn hay việc phân tích và so sánh kết quả với các thuật toán xấp xỉ theo lý thuyết cũng chưa được thực hiện. Đây là các thiếu sót của luận án và là hướng phát triển của luận án trong thời gian tới.

*Các kết quả của luận án đã được công bố trong 3 bài báo đăng trong kỷ yếu hội nghị quốc tế, 3 bài báo đăng trên các tạp chí quốc tế, 1 bài đăng trên tạp chí trong nước và 4 bài trong kỷ yếu hội quốc gia chuyên ngành.*

# DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. **Gia Nhu Nguyen**, Dac Nhuong Le, Vinh Trong Le (2012), “Particle Swarm Optimization and Ant Colony Optimization Algorithms Applied to the Optimal Communication Spanning Tree problem”, Kỷ yếu hội thảo Quốc gia Một số vấn đề chọn lọc của Công nghệ thông tin và truyền thông, Hà Nội, Việt Nam, trang 334-340.
2. Vinh Trong Le, Anh Tuan Hoang, **Gia Nhu Nguyen** (2010), “A Novel Practicle Swarm Optimization- based Algorithm for the Optimal Communication Spanning Tree problem”, In Proceeding of IEEE 2010 Conference on Communication Software and Network ( ICCSN 2010), Singapore, pp. 232-236.
3. **Nguyễn Gia Như**, Lê Đắc Như, Lê Trọng Vĩnh ( 2013 ) “Tối ưu qui hoạch vị trí các trạm BTS dựa trên thuật toán tối ưu hóa nhóm bầy”, Kỷ yếu Hội thảo Quốc gia Một số vấn đề chọn lọc của Công nghệ thông tin và Truyền thông, Đà Nẵng, trang 23-28.
4. Vinh Trong Le, Dinh Huu Nghia, **Gia Nhu Nguyen** (2011), “A Novel PSO-Based Algorithm for Gateway Placement in Wireless Mesh Networks”, Proceedings 2011 IEEE 3rd International Conference on Communication Software and Networks ( ICCSN2011 ), May 27-29, 2011, China, pp 37-42.
5. Lê Đắc Như, **Nguyễn Gia Như**, Lê Đăng Nguyên, Lê Trọng Vĩnh (2013), So sánh đánh giá các cách tiếp cận phỏng sinh học giải bài toán đặt trạm cơ sở trong mạng không dây, Tr494-501, 2013.
6. **Gia Nhu Nguyen**, Dac Nhuong Le, Vinh Trong Le (2013), “A Novel PSO based Algorithm Approach for the cMTS to Improve QoS in Next Generation Networks”, Journal of Future Computer and Communication ( IJFCC), Singapore, Vol.2(5), pp 413-417.
7. Dac Nhuong Le , **Gia Nhu Nguyen**, Vinh Trong Le (2012), “ A Novel PSO-Based Algorithm for the Optimal Location of Controllers in Wireless Networks”, International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.12(8), August 2012, pp.23-27.
8. **Nguyễn Gia Như**, Lê Đắc Như ( 2013), “Optimal location of Controllers in Wireless network using Genetic algorithm”, Tạp chí Khoa học Công nghệ- Đại học Đà Nẵng, Số [6\(67\).2013](#), Trang 122-127.
9. Lê Đắc Như, **Nguyễn Gia Như** (2013), “A Novel Particle Swarm Optimization-based Algorithm for the Optimal Centralized Wireless Access Network”, International Journal of Computer Science Issues, Vol.10, Issue 1, No 1, January 2013, pp 721-727.
10. Dac-Nhuong Le, **Gia Nhu Nguyen**, Nguyen Dang Le, Nghia Huu Dinh and Vinh Trong Le (2012), “ACO and PSO Algorithms Applied to Gateway Placement Optimization in Wireless Mesh Networks”, Proceeding of 2012 International Conference on Networks and Information (ICNI 2012) pp 8-15.
11. **Nguyễn Gia Như**, Lê Đắc Như, Lê Trọng Vĩnh, Nguyễn Xuân Huy (2014), “Ant Colony Optimization and Particle Swarm Optimization Algorithms Applied to Optimizing Access Centralized in Wireless Network”, Kỷ yếu Hội thảo Quốc gia Một số vấn đề chọn lọc của Công nghệ thông tin và Truyền thông, Dak Lak.