

## **Kỹ yếu hội nghị quốc tế**

1. K. Le, B. Pham, Q. Tram, T. Bui and T. Quan, “CODE-WSN: A Formal Modelling Tool for Congestion Detection on Wireless Sensor Networks,” in *The World Symposium on Communication Engineering (WSCE 2018)*, Singapore, 2018, pp. 13-19.
2. K. Le, G. Trinh, T. Bui and T. Quan, “Probabilistic Modelling for Congestion Detection on Wireless Sensor Networks,” in *International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)*, Barcelona, Spain, 2017, pp. 190-195.
3. K. Le, T. Nguyen, T. Cao, T. Bui and T. Quan, “Heuristic-Guided Verification for Fast Congestion Detection on Wireless Sensor Networks,” in *International Conference on Future Data and Security Engineering (FDSE)*, Can Tho, Vietnam, 2016, pp. 105-116.
4. K. Le, T. Bui, T. Quan and L. Petrucci, “A Framework for Fast Congestion Detection in Wireless Sensor Networks using Clustering and Petri-Net-based Verification,” in *International Workshop on Petri Nets and Software Engineering (PNSE 2016)*, Torun, Poland, 2016, pp. 329-334.
5. K. Le, T. Bui, T. Quan and L. Petrucci, “COCA: Congestion-Oriented Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks,” in *IEEE International Conference on Communication Software and Networks (ICCSN 2016)*, Beijing, China, 2016, pp. 450-454.
6. K. Le, T. Bui, T. Quan, L. Petrucci and É. André, “Component-Based Abstraction of Petri Net Models: An Application for Congestion Verification of Wireless Sensor Networks,” in *The Sixth International Symposium on Information and Communication Technology (SoICT 2015)*, ACM, Hue, Vietnam, 2015, pp. 342-349.
7. K. Le, T. Bui and T. Quan, “A Formal Approach for Congestion Constraints Verification on Wireless Sensor Networks,” in *Asia Conference on Information Systems (ACIS 2014)*, 2014, Nha Trang, Vietnam, pp. 319-325.

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**

LÊ NGỌC KIM KHÁNH

## **MỘT CÁCH TIẾP CẬN HÌNH THỨC TRONG VIỆC MÔ HÌNH HÓA THAM SỐ ĐỘNG CHO BÀI TOÁN KIỂM TRA TẮC NGHẼN TRÊN MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY**

Ngành: Khoa học máy tính  
Mã số ngành: 62480101

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

TP. HỒ CHÍ MINH - NĂM 2022

Công trình được hoàn thành tại **Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM**

## DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

Người hướng dẫn 1: PGS.TS. Quản Thành Thơ

Người hướng dẫn 2: PGS.TS. Bùi Hoài Thắng

Phản biện độc lập 1:

Phản biện độc lập 2:

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án họp tại

.....  
.....  
vào lúc            giờ            ngày            tháng            năm

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện:

- Thư viện Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM
- Thư viện Đại học Quốc gia Tp.HCM
- Thư viện Khoa học Tổng hợp Tp.HCM

### Tạp chí quốc tế

1. K. K. Le-Ngoc, T. T. Quan, T. H. Bui, A. M. Rahmani and M. Hosseinzadeh, “Optimized fuzzy clustering in wireless sensor networks using improved squirrel search algorithm,” *Fuzzy Sets and Systems*, 2021 (**SCI,Q1**).
2. K. Le, T. Cao, P. Le, B. Pham, T. Bui and T. Quan, “Probabilistic congestion of wireless sensor networks: a Coloured Petri Net-based approach,” *Communications on Applied Electronics*, vol. 7, no. 2, pp. 1-7, 2017.
3. G. Trinh, K. Le, T. Bang, Q. Tram, T. Bui and T. Quan, “Modelling and Congestion Detection of Wireless Sensor Networks: A Concurrent-based Approach using Coloured Petri Nets,” *International Journal of Applied Information Systems*, vol. 11, no. 7, pp. 1-9, 2016.
4. K. Le, T. Bui, T. Quan, L. Petrucci, and É. André, “Congestion Verification on Abstracted Wireless Sensor Networks with the WSN-PN Tool,” *Journal of Advances in Computer Networks*, vol. 4, no. 1, pp. 33-40, 2016.
5. K. Le, T. Bui and T. Quan, “State Space Reduction on Wireless Sensor Networks Verification Using Component-Based Petri Net Approach,” *REV Journal on Electronics and Comm, Special Session Advanced Computational Methods, Systems, and Industrial Engineering Applications*, vol. 5, no. 3-4, pp. 76-84, 2015.

### Tạp chí trong nước

1. L. N. K. Khánh, L. Q. Vũ, T. Q. Tiến, B. H. Thắng and Q. T. Thơ, “Trừu tượng hóa thành phần để kiểm tra tắc nghẽn trên mạng cảm ứng không dây sử dụng mạng Petri,” *Tạp chí khoa học Đại học Cần Thơ, Chuyên đề Công nghệ thông tin 2015*, pp. 105-112

- Đề xuất mô hình **WSN-CPN** một mô hình mạng cảm biến không dây bằng ngôn ngữ Coloured Petri Net.
- Đề xuất mô hình động **PDP-WSN-CPN** cho phép người dùng tùy chỉnh các thông số trong mạng và phát hiện nghẽn chính xác hơn với xác suất nghẽn.
- Xây dựng công cụ **CODE-WSN** thực thi tất cả các mô hình trên.

Trong tương lai, luận án sẽ đóng góp thêm yếu tố thời gian vào mô hình nhằm phản ánh đúng mô hình thực tế hơn. Ngoài ra, luận án cũng tích hợp thêm các yếu tố khác làm ảnh hưởng đến xác suất nghẽn bên cạnh yếu tố độ tin cậy của cảm biến và kênh truyền ví dụ như độ nhiễu của môi trường.

## CHƯƠNG 1 GIỚI THIỆU

### 1.1 Phát hiện tắc nghẽn trên mạng cảm biến không dây

Mạng cảm biến không dây (Wireless Sensor Networks - WSNs) là mô hình mạng bao gồm hàng trăm đến hàng ngàn các thiết bị cảm biến. Cảm biến là các thiết bị có giá thành rẻ, bộ nhớ nhỏ và khả năng xử lý yếu. Cảm biến cùng với các kết nối của mình (kênh truyền) sẽ tạo thành sơ đồ mạng cho mạng cảm biến không dây. Ngày nay, mạng cảm biến không dây được ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực của cuộc sống nên thu hút được sự quan tâm rất lớn cả trong nghiên cứu và công nghiệp.

Một trong những thử thách được các nhà thiết kế quan tâm là việc kiểm soát sự tắc nghẽn trên mạng. Kiểm soát tắc nghẽn trên mạng bao gồm hai giai đoạn: phát hiện tắc nghẽn và giải quyết tắc nghẽn. Luận án này chỉ tập trung vào các phương pháp phát hiện tắc nghẽn.

Sự tắc nghẽn trên mạng cảm biến không dây chủ yếu do hai nguyên nhân sau đây:

- Tốc độ gói tin đến cảm biến lớn hơn rất nhiều so với tốc độ nhận và xử lý gói tin ở cảm biến đó.
- Sự ùn tắc của gói tin trong quá trình di chuyển trên mạng.

Tính toán trên vùng nhớ đệm là thước đo phát hiện tắc nghẽn của rất nhiều thuật toán. Kích thước vùng nhớ đệm còn trống nhỏ hơn một giá trị định mức do người thiết lập mạng cài đặt ban đầu, cảm biến này sẽ được báo nghẽn lên toàn hệ thống.

### 1.2 Mục tiêu của luận án

Một trong những cách tiếp cận bài toán phát hiện nghẽn trong mạng cảm biến không dây là dựa vào phương pháp *mô hình hóa hình thức* (model-based).

Mục tiêu chính của luận án là xây dựng mô hình mạng cảm biến không dây gồm các cảm biến và các kênh truyền. Sau khi xây dựng mô hình, chúng ta kiểm

tra các thuộc tính trên mô hình bằng cách sử dụng phương pháp kiểm tra mô hình (Model Checking). Bài toán của luận án là kiểm tra xem mạng cảm biến không dây có xảy ra tắc nghẽn hay không.

Ngoài ra, luận án còn các mục tiêu phụ khác:

- Tăng thêm độ chính xác cho mô hình phát hiện nghẽn với xác suất phát hiện nghẽn
- Tăng tốc độ phát hiện nghẽn trong thời gian cho phép cũng như hạn chế sự bùng nổ không gian trạng thái.

### 1.3 Những đóng góp của luận án

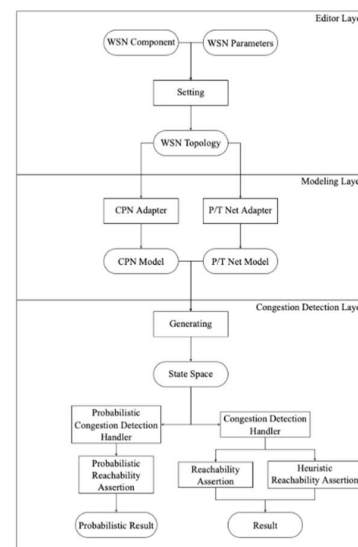
- Đề xuất mô hình WSNPN một mô hình mạng cảm biến không dây bằng ngôn ngữ P/T Nets.
- Đề xuất mô hình WSNCPN một mô hình mạng cảm biến không dây bằng ngôn ngữ Coloured Petri Net.
- Đề xuất hai thuật toán tăng tốc độ tìm kiếm nghẽn trên mô hình là tăng tốc dựa vào gom cụm và tăng tốc dựa vào thuật toán tìm kiếm heuristic.
- Đề xuất mô hình động PDPWSNCPN cho phép người dùng tùy chỉnh các thông số trong mạng và phát hiện nghẽn chính xác hơn với xác suất nghẽn.
- Xây dựng công cụ CODEWSN thực thi tất cả các mô hình trên.

## CHƯƠNG 2 MÔ HÌNH HÓA MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY BẰNG NGÔN NGỮ PLACE/TRANSITION NETS

### 2.1 Mô hình hóa và kiểm tra tắc nghẽn

Ngôn ngữ Petri Nets là một trong những ngôn ngữ phổ biến thích hợp để mô hình cho các hệ thống lớn như hệ thống mạng sinh học (biological networks), hệ

toán phát hiện nghẽn trên mạng cảm biến không dây bằng phương pháp mô hình hóa. Hình 7.1 thể hiện kiến trúc của công cụ này.



Hình 7.1 Kiến trúc CODE-WSN

## CHƯƠNG 7 KẾT LUẬN

Bài toán của luận án lựa chọn là kiểm tra sự tắc nghẽn trên mạng cảm biến không dây như một minh họa điển hình cho việc xây dựng mô hình bằng phương pháp hình thức. Luận án đã có những đóng góp chính cho nghiên cứu này như sau:

- Đề xuất mô hình WSN-PN một mô hình mạng cảm biến không dây với hai Thành phần là cảm biến và kênh truyền bằng ngôn ngữ P/T Nets
- Đề xuất hai thuật toán tăng tốc độ tìm kiếm nghẽn trên mô hình WSN-PN là tăng tốc dựa vào gom cụm và tăng tốc dựa vào thuật toán tìm kiếm heuristic.

trong môi trường hay nguyên nhân lớn và thường xuyên xảy ra là cảm biến hết năng lượng.

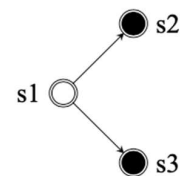
Để giải quyết vấn đề này luận án đề xuất thêm một mô hình mới có tên là **PDP-WSN-CPN** (Probabilistic Dynamic Parameterized Wireless Sensor Network by using Coloured Petri Nets). Một mặt, mô hình mới sẽ được tích hợp thêm tham số độ tin cậy vào mô hình (tham số chỉ khả năng hoạt động chính xác của thiết bị) nhằm phản ánh đúng khả năng hoạt động của cảm biến vì khi năng lượng trong cảm biến suy giảm, khả năng hoạt động của cảm biến cũng không được bảo toàn như lúc mới vận hành mạng. Khi tham số độ tin cậy được đưa vào mô hình thì mô hình **WSN-CPN** phải được định nghĩa lại như một mô hình động nhằm phản ánh đúng bản chất thay đổi theo thời gian của thiết bị. Mặt khác, mô hình cũng sẽ thêm khái niệm xác suất nghẽn vào mô hình nhằm nâng cao khả năng dự báo nghẽn của hệ thống, tránh những trường hợp nghẽn giả.

## CHƯƠNG 6 CÔNG CỤ CODE-WSN

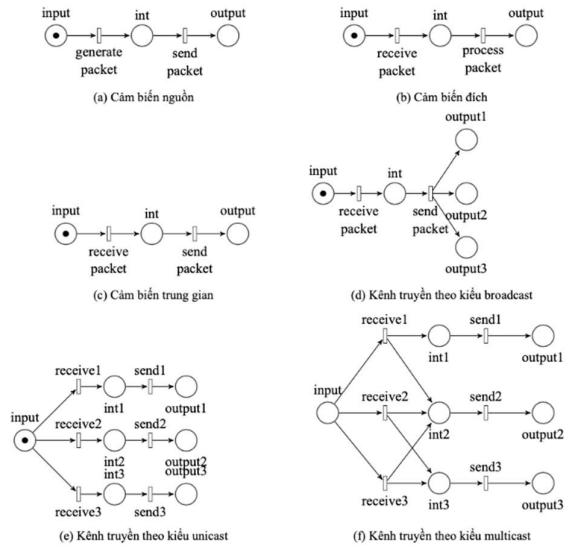
Bên cạnh các đóng góp về mặt mô hình, luận án cũng tự xây dựng một công cụ riêng cho mình, với tên gọi là **CODE-WSN** (Congestion Detection on Wireless Sensor Networks). Công cụ này được thực hiện trên nền tảng của ngôn ngữ Java. Công cụ này sẽ mang đầy đủ các tính chất của những mô hình đã trình bày ở trên, nghĩa là công cụ sẽ cho phép mô hình bài toán mạng cảm biến không dây bằng cả hai ngôn ngữ mô hình là P/T Nets và Coloured Petri Net. Công cụ cũng hỗ trợ các tính năng tăng tốc để tìm kiếm nghẽn như gom cụm hay dùng thuật toán tìm kiếm heuristic. Ngoài ra chức năng báo xác suất nghẽn cũng được tích hợp trên **CODE-WSN**. Đây sẽ là công cụ chuyên biệt dành riêng cho bài

thống trao đổi thông tin liên lạc (communication systems), các hệ thống hỗ trợ sản xuất (manufacturing system), hay các hệ thống mạng vì thế hoàn toàn thích hợp khi dùng để mô hình bài toán mạng cảm biến không dây.

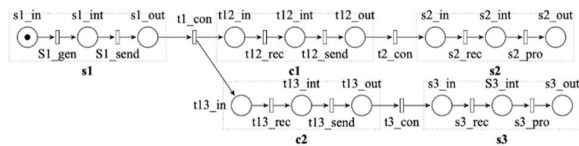
Ý tưởng xây dựng mạng cảm biến không dây bằng mô hình P/T Nets (Place Transition Nets), một loại ngôn ngữ đơn giản, thích hợp cho việc tiếp cận ban đầu ở mọi bài toán của ngôn ngữ Petri Nets. Trong mô hình trên bài toán sẽ được phân rã ra thành hai Thành phần (component) là cảm biến và kênh truyền. Mỗi Thành phần cảm biến hay kênh truyền lại là một mô hình Petri Nets. Có ba loại mô hình Petri Nets của cảm biến (cảm biến nguồn, cảm biến đích và cảm biến trung gian) và ba loại mô hình Petri Nets của kênh truyền (tương ứng với ba kiểu truyền dữ liệu trên mạng là unicast, multicast và broadcast). Đồng thời một số liên kết giả cũng được tạo ra để kết nối các Thành phần lại với nhau nhằm thỏa mãn những ràng buộc bắt buộc phải có của một mô hình Petri Nets cơ bản. Ví dụ ở Hình 3.1a minh họa cho sơ đồ mạng cảm biến không dây đơn giản gồm ba cảm biến.



Hình 3.1a Sơ đồ mạng cảm biến không dây với ba cảm biến



Hình 3.2 Mô hình Thành phần của cảm biến và kênh truyền

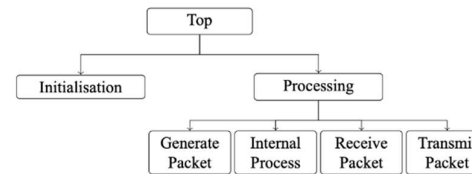


Hình 3.4 Thành phần Petri net của sơ đồ mạng ở Hình 3.1a

Hình 3.2 minh họa mô hình P/T Nets của các loại cảm biến và kênh truyền trong luận án và Hình 3.4 là một mô hình P/T Nets hoàn chỉnh của một mạng cảm biến không dây gồm ba cảm biến.

Coloured Petri Net, một ngôn ngữ cao cấp của Petri Nets đã được áp dụng trong rất nhiều ứng dụng để mô hình các bài toán trong cuộc sống.

Điều khác biệt lớn nhất giữa Coloured Petri Net và P/T Nets là các token trong Coloured Petri Net có “màu”. Màu ở đây dùng để phân biệt các token với nhau, nghĩa là ngôn ngữ này cho phép chúng ta được định nghĩa các kiểu dữ liệu cho token thông qua việc mô tả “màu” của chúng. Hơn nữa, ngôn ngữ này còn hỗ trợ một kiểu mô hình mới gọi là Hierarchical Coloured Petri nets (HCPNs). Một mô hình Coloured Petri Net có thể được tổ chức như một tập các mô-đun, giống như trong lập trình. Ở một thời điểm người mô hình chỉ cần tập trung vào một số mô-đun cụ thể và không bị phân tâm bởi các mô-đun khác của mô hình. Hình 5.2 minh họa mô hình phân cấp của mạng cảm biến không dây.



Hình 5.2 Mô hình phân cấp của mạng cảm biến không dây.

Bên cạnh việc mô hình hóa, luận án còn định nghĩa cách thức để mô hình mạng có thể hoạt động song song nhằm phản ánh đúng bản chất của các cảm biến. Ví dụ ở một cảm biến bất kỳ nào đó có thể vừa nhận dữ liệu do cảm biến khác gửi tới và vừa xử lý các gói tin đang có sẵn trong bộ đệm của nó để chuyển dữ liệu đi tiếp.

## CHƯƠNG 5 MÔ HÌNH THAM SỐ ĐỘNG CHO MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY VÀ XÁC SUẤT PHÁT HIỆN NGHIÊN

Cả hai mô hình bằng P/T Nets và Coloured Petri Net đều giúp những nhà thiết kế mạng xây dựng mạng cảm biến không dây và dự đoán được nguy cơ xảy ra tắc nghẽn. Tuy nhiên, nếu triển khai mạng trong môi trường tự nhiên khắc nghiệt mà con người khó tiếp cận như núi lửa, trong rừng sâu hay đáy biển, các cảm biến không thể hoạt động chính xác vì phụ thuộc rất nhiều vào độ nhiễu

### 3.2 Tăng tốc bằng thuật toán tìm kiếm heuristic

Nếu việc gom cụm giúp cho mô hình Petri Nets của bài toán được thu nhỏ lại nên chúng ta không tốn nhiều thời gian để kiểm tra thuộc tính thì việc tăng tốc dựa vào thuật toán heuristic lại hướng vào việc giảm không gian trạng thái của mô hình. Thuật toán sẽ định nghĩa một hàm  $f$  làm hàm dẫn đường cho việc tìm kiếm. Hàm  $f$  được tính toán lại sau mỗi lần duyệt đồ thị. Việc sử dụng hàm  $f$  sẽ khiến số lượng trạng thái phải duyệt được giảm xuống đáng kể và từ đó cải tiến được tốc độ phát hiện nghẽn.



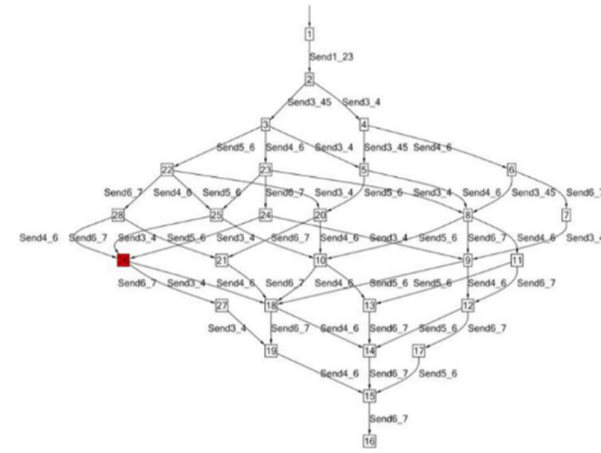
Hình 4.15 Không gian trạng thái thực chụp từ công cụ thực nghiệm.

## CHƯƠNG 4 MÔ HÌNH HÓA MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY BẰNG NGÔN NGỮ COLOURED PETRI NET

Khi đã xây dựng được mô hình Petri Nets như trên thì chúng ta đã mô hình hóa được mạng cảm biến không dây và kiểm tra được thuộc tính nghẽn trên mạng với số lượng cảm biến tương đối lớn trong thời gian cho phép. Tuy nhiên, mô hình trên lại có nhược điểm lớn là khó có thể tùy biến được các thông số của cảm biến và kênh truyền. Chẳng hạn như chúng ta không thể biểu diễn được kiểu dữ liệu của gói tin, gói tin trong mô hình được xem như ẩn danh dưới các token, token chuyển từ place này sang place khác nghĩa là gói tin được di chuyển. Bên cạnh đó, mặc dù đã áp dụng các biện pháp trừu tượng hóa nhưng mô hình đôi khi lại có kích thước rất lớn, vượt quá kích thước trang giấy. Điều này gây khó khăn cho người mô hình có thể bao quát được toàn mạng. Vì thế, luận án lại đề xuất một mô hình mới có tên gọi **WSN-CPN**, mô hình này sẽ sử dụng ngôn ngữ

Bằng việc sử dụng kỹ thuật Model Checking, từ mô hình Petri Nets không gian trạng thái sẽ được sinh ra đầu tiên. Không gian trạng thái là một đồ thị thể hiện sự chuyển động của mô hình, nghĩa là, đối với mô hình mạng cảm biến không dây sự chuyển động chính là sự trao đổi các gói tin giữa các cảm biến. Không gian trạng thái sinh ra ở những lần chạy khác nhau sẽ không giống nhau vì phụ thuộc vào đường đi của các gói tin trên mạng cũng như các giá trị cấu hình cho cảm biến.

Để kiểm tra một thuộc tính có thỏa hay không, thuật toán sử dụng các kỹ thuật tìm kiếm có bản như Depth-First Search hay Breadth-First Search để duyệt qua tất cả các trạng thái của đồ thị từ trạng thái khởi tạo đến khi đến được trạng thái đích (ở đây là trạng thái nghẽn). Hàm tìm kiếm sẽ dừng lại nếu tìm thấy trạng thái đích, nếu không, nó sẽ quay lại và tìm kiếm trạng thái này trên một đường đi mới. Nếu toàn bộ không gian đã được duyệt mà trạng thái đích vẫn không được tìm thấy thì thuộc tính xem như không thỏa.



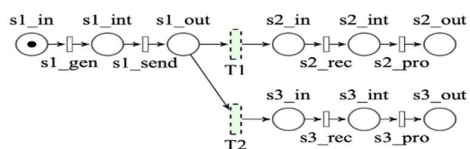
Hình 3.12 Minh họa không gian trạng thái.

### 2.2 Giảm thiểu bùng nổ không gian trạng thái

Ý tưởng và cách kiểm tra thuộc tính với thuật toán tìm kiếm của Model Checking tuy không quá phức tạp nhưng lại làm nảy sinh vấn đề rất lớn cho bài

toán này đó là việc *bùng nổ không gian trạng thái*. Không gian trạng thái bị bùng nổ khi số lượng trạng thái sinh ra quá nhiều do bài toán có quá nhiều tham số hay các tham số thay đổi liên tục dẫn đến việc máy tính không đủ tài nguyên duyệt hết các nút trong không gian trạng thái.

Để giải quyết vấn đề này, mô hình Petri Nets sẽ được bỏ bớt các place hay transition không ảnh hưởng đến quá trình tìm nghẽn, biến mô hình ban đầu thành mô hình Petri Nets hướng nghẽn với số lượng place và transition ít hơn. Dĩ nhiên, không gian trạng thái được sinh ra từ mô hình này sẽ nhỏ hơn rất nhiều so với không gian trạng thái gốc. Mô hình được trừu tượng hóa dựa vào sự phân bố của các cảm biến và tốc độ trao đổi gói tin trên mạng để tùy biến trừu tượng khi thì trên cảm biến, lúc lại trên kênh truyền. Các Thành phần ít có khả năng xảy ra nghẽn sẽ được trừu tượng để tập trung tìm nghẽn ở Thành phần còn lại. Ví dụ như với mạng được phân bố dày đặc và tốc độ trao đổi dữ liệu giữa các cảm biến cao, khả năng xảy ra nghẽn ở cảm biến rất cao nên kênh truyền sẽ được trừu tượng hóa trong Hình 3.8.



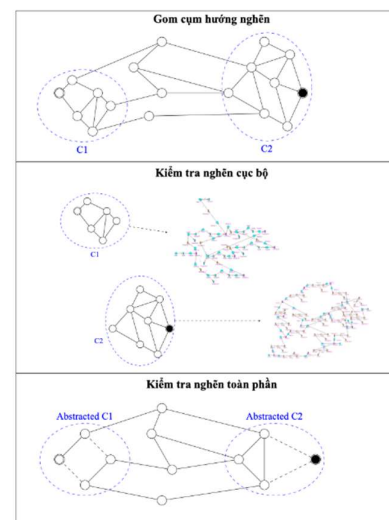
Hình 3.8 Trừu tượng kênh truyền

### CHƯƠNG 3 TĂNG TỐC ĐỘ PHÁT HIỆN NGHẼN

Mặc dù đã sử dụng kỹ thuật *Trừu tượng hóa thành phần* để giảm sự bùng nổ không gian trạng thái khi tìm kiếm nghẽn nhưng số lượng trạng thái cần phải duyệt qua vẫn còn rất lớn. Vì thế, khi mạng cảm biến không dây được mở rộng, mô hình mạng sẽ chứa nhiều cảm biến hơn thì việc kiểm tra sự tắc nghẽn trên đó không thể nào thực hiện nổi. Luận án đã đề xuất hai hướng giải quyết để tăng tốc cho việc phát hiện nghẽn bao gồm tăng tốc dựa vào *kỹ thuật gom cụm* và tăng tốc độ tìm kiếm với *thuật toán tìm kiếm heuristic*.

### 3.1 Tăng tốc bằng kỹ thuật gom cụm

Ý tưởng chính cho việc tăng tốc dựa vào thuật toán gom cụm là gom các nhóm cảm biến có khả năng gây nghẽn cao vào chung một cụm. Các cụm này sẽ được kiểm tra tắc nghẽn trước. Nếu một cụm các cảm biến bất kì nào không nghẽn sẽ được trừu tượng lại thành một cảm biến. Thuật toán này lặp lại cho đến khi tất cả các cụm đã được kiểm tra. Khi đã kiểm tra hết mạng mà nghẽn vẫn không được tìm thấy thì một mạng mới sẽ được tạo nên bằng việc gắn kết các cảm biến trừu tượng này lại. Việc kiểm tra tắc nghẽn sẽ được kiểm tra một lần nữa trên mạng này. Dễ dàng nhận thấy mạng mới sẽ có kích thước nhỏ hơn mạng gốc nên việc phát hiện tắc nghẽn sẽ diễn ra nhanh chóng hơn. Luận án xây dựng khung thức có tên **FCDF** (Fast Congestion Detection Framework) để minh họa cho toàn bộ quá trình trên thông qua Hình 4.4



Hình 4.4 Tóm tắt các thành phần chính của FCDF