

THÔNG TIN VỀ LUẬN ÁN TIẾN SĨ

1. Họ và tên nghiên cứu sinh: Nguyễn Trịnh Đông
2. Giới tính: Nam
3. Ngày sinh: 12/07/1974
4. Nơi sinh: Hải Phòng
5. Quyết định công nhận nghiên cứu sinh: Số 3613/QĐ-SĐH ngày 22/10/2009 của Giám đốc Đại học Quốc gia Hà Nội.
6. Các thay đổi trong quá trình đào tạo:
7. Tên đề tài luận án:

Một số phương pháp mô hình hoá và kiểm chứng hình thức cho các hệ thống thời gian thực hướng thành phần

8. Chuyên ngành: Kỹ thuật phần mềm
9. Mã số: 62.48.01.03
10. Cán bộ hướng dẫn khoa học: TS. Đặng Văn Hưng
PGS.TS. Trương Anh Hoàng
11. Tóm tắt các **kết quả mới** của luận án:

Thứ nhất, luận án đã đề xuất mở rộng mô hình PECOS (PERvasive COmponent Systems) cho thành phần phần mềm thời gian thực với mục đích tạo ra một mô hình thành phần phần mềm có thể phân tích nhiều yếu tố khác nhau từ chức năng đến phi chức năng. Mô hình này được chia thành hai phần, phần thụ động và phần chủ động. Phần thụ động đóng vai trò như một kho chứa các thành phần phần mềm thời gian thực có khả năng đáp ứng mọi yêu cầu của thiết kế. Phần chủ động đóng vai trò tương tác với môi trường, nhận các yêu cầu từ môi trường và gọi các dịch vụ từ phần thụ động để xử lý, sau đó lấy kết quả trả về cho môi trường. Ngoài chức năng trên, mô hình được chia thành hai phần cũng nhằm mục đích giảm độ phức tạp, do cách phát triển dựa trên chiến lược chia để trị và kiểm soát được các tiến trình song song, trong những hệ thống phát triển dựa trên mô hình này. Mô hình này cũng cho phép các tiến trình của các thành phần phần mềm ở cả hai phần thực hiện thực hiện song song. Bên cạnh đó, để phân tích chính xác sự tương tác trong hệ thống thời gian thực dựa trên thành phần, luận án đề xuất thể thức tương tác tương tranh thời gian và thể thức tương tranh có ràng buộc

tài nguyên bằng cách tiến hành đặc tả thứ tự lời gọi các dịch vụ trong thành phần phần mềm bằng biểu thức chính quy thời gian trên bảng chữ cái phân tán và mô hình hóa các dãy hành vi của môi trường hệ thống bằng ô tômát thời gian và ô tômát trọng số. Đồng thời, luận án cũng đề xuất thuật toán kiểm tra sự tuân thủ của dãy hành vi của môi trường với thể thức của thành phần phần mềm trên khía cạnh chức năng và phi chức năng. Sự tuân thủ thể thức tương tác còn cho biết khả năng sử dụng hiệu quả các tài nguyên mà môi trường dành cho các thành phần phần mềm.

Thứ hai, luận án mở rộng lý thuyết giao diện thành phần trở thành lý thuyết giao diện thời gian thực để đặc tả và mô hình hóa các hệ thống thời gian thực dựa trên thành phần. Giao diện thời gian thực là một bộ ba thành phần gồm tập biến đầu vào, tập biến đầu ra và mối quan hệ giữa tập biến đầu vào và tập biến đầu ra và thời gian ràng buộc trên mối quan hệ này. Mối quan hệ này được biểu diễn bằng biểu thức lôgic tân từ cấp 1 nhằm khẳng định rằng nếu môi trường gán một bộ giá trị thỏa điều kiện trên tập biến đầu vào của giao diện thì giao diện sẽ đảm bảo dữ liệu đầu ra sẽ thỏa yêu cầu của môi trường hệ thống trong một khoảng thời gian theo thiết kế. Với cách tiếp cận này, một thành phần phần mềm được đặc tả đơn giản hơn, cô đọng hơn nhưng lại phản ánh được chi tiết các hành vi và chức năng của thành phần phần mềm. Do các hành vi của giao diện thành phần thời gian thực là vô hạn nên luận án sử dụng ô tômát khoảng (duration automata) để biểu diễn hữu hạn các dãy hành vi của giao diện thành phần và môi trường thời gian thực. Ô tômát khoảng có ưu điểm là có thể mô hình hóa và biểu diễn được khoảng thời gian lớn nhất và nhỏ nhất dành cho một hành vi trong thành phần phần mềm. Việc sử dụng giao diện thời gian thực với quan hệ trên tập biến đầu vào/đầu ra có thể đặc tả và kiểm chứng hệ thống thời gian thực dựa trên thành phần một cách hiệu quả.

Thứ ba, luận án đề xuất kỹ thuật đặc tả thành phần phần mềm bằng hợp đồng thời gian và hợp đồng thời gian với các ràng buộc tài nguyên dựa trên cách tiếp cận tính đúng đắn bởi cách xây dựng và thiết kế bằng hợp đồng. Kỹ thuật này cho phép đặc tả thành phần phần mềm thời gian thực chi tiết đến từng phương thức và tập biến đầu vào đầu ra của phương thức cũng như ràng buộc trên tập biến đầu vào/đầu ra. Bên cạnh đó, phương pháp đặc tả này cũng chỉ rõ thành phần phần mềm cần những phương thức và loại tài nguyên nào để có thể thực thi được yêu cầu của hệ thống và cung cấp những dịch vụ gì cho môi trường với các chi phí tài nguyên là bao nhiêu. Phương pháp này cũng cho phép đặc tả các thành phần bất biến, thành phần bất biến tài nguyên, đặc tả các phương thức. Đặc biệt, phương pháp này cũng đặc tả thể thức tương tác của các dịch vụ trong thành phần phần mềm và môi

trường sử dụng chúng. Cụ thể, trong một thành phần phần mềm, trình tự thực thi của các phương thức được biểu diễn bằng biểu thức chính quy thời gian thực có ràng buộc tài nguyên. Khi môi trường muốn sử dụng các dịch vụ từ thành phần phần mềm thì môi trường phải cung cấp đủ tài nguyên cho các dịch vụ và môi trường phải tuân thủ thứ tự lời gọi các dịch vụ trong thành phần phần mềm. Nhờ sự tuân thủ này, thành phần phần mềm sẽ đảm bảo được chất lượng của các dịch vụ mà nó cung cấp. Do đó, bằng kỹ thuật này, một hệ thống thời gian thực dựa trên thành phần được phát triển tăng dần dựa trên việc ghép các hợp đồng thời gian thực và các yếu tố được phân tích và đánh giá đầy đủ trên hai khía cạnh chức năng và phi chức năng. Để có thể triển khai trên thực tế, luận án cũng đề xuất ngôn ngữ đặc tả thời gian thực mẫu nhằm hợp nhất các ngôn ngữ đặc tả thời gian thực với đầy đủ tính năng đặc tả về phần chức năng và phi chức năng cho thành phần phần mềm. Dựa trên kỹ thuật này, các thành phần phần mềm thời gian thực được đặc tả đầy đủ và các đặc tả được sử dụng làm cơ sở cho việc nâng cao chất lượng phần mềm.

12. Khả năng ứng dụng trong thực tiễn:

- Các kết quả chính trong luận án có thể ứng dụng cho phát triển hệ thống thời gian thực hướng thành phần có quy mô lớn và độ phức tạp cao.

13. Những hướng nghiên cứu tiếp theo: Dưới đây luận án tóm tắt một số vấn đề có thể nghiên cứu trong tương lai.

Luận án đang nghiên cứu mở rộng mô hình thời gian thực cho hệ thống có quy mô lớn trên thực tế như hệ thống nhúng, rô bốt, hệ thống tác tử di động và triển khai cho các dịch vụ web trên cơ sở các thể thức tương tác tương tranh thời gian có ràng buộc tài nguyên. Phát triển bộ công cụ phát triển phần mềm cho hệ thống thời gian thực dựa trên lý thuyết đã đề xuất.

14. Các công trình đã công bố có liên quan đến luận án:

[1]. Nguyen Trinh Dong, Dang Van Hung and Truong Anh Hoang (2011), “Real-Time Relational Interface Behavior Modeling and Specification”, *KSE 2011-Third International Conference on Knowledge and Systems Engineering, pages 112-119*.

[2]. Nguyen Trinh Dong (2015), “Memory Resource Estimation of Component-Based Systems”, *4th International Conference, ICCASA 2015, Vung Tau, Vietnam, November 26-27, pages 73-82*.

- [3]. Dang Van Hung, Nguyen Trinh Dong and Truong Anh Hoang (2017), "A Model for Real-timed Concurrent Interaction Protocols in Component Interfaces", *VNU Journal of Science: Computer Science and Communication Engineering*, vol.33, no.1, pages 8-15.
- [4]. Nguyen Trinh Dong, Dang Van Hung, Truong Anh Hoang (2017), "A formal contract-based model for component-based real-time systems", *The 4th National Foundation for Science and Technology Development Conference on Information and Computer Science (NICS 2017)*, pages 230-235.
- [5] Nguyen Trinh Dong (2017), "A General Model for Quality Analyzing of Functional and Non-functional Features in Real-Time Systems", *The 6th Conference on Information Technology and Its application (CITA 2017)*, pages 15-22.

Ngày 2 tháng 7 năm 2018
Xác nhận của cán bộ hướng dẫn
(Kí và ghi rõ họ tên)

Đặng Văn Hưng

Ngày 2 tháng 7 năm 2018
Nghiên cứu sinh
(Kí và ghi rõ họ tên)

Nguyễn Trịnh Đông

INFORMATION ON DOCTORAL THESIS

1. Full name: Nguyen Trinh Dong
2. Sex: Male
3. Date of birth: 12/07/1974
4. Place of birth: Hai Phong
5. Admission decision number: 3613/QĐ-SĐH Dated 22/10/2009
6. Changes in academic process:
7. Official thesis title:
Methods for modeling and verifying of component-based real-time systems
8. Major: Software Engineering
9. Code: 62.48.01.03
10. Supervisors: Dr. Dang Van Hung and Assoc. Prof. Truong Anh Hoang
11. Summary of the **new findings** of the thesis:

First, the dissertation proposes an extension of the PECOS (PErvasive COmponent Systems) model to apply for real-time components. This model can be used to analyze various factors of functional and non-functional in components. This model is divided into two parts, the passive part, and the active part. The passive part is considered as a repository of real-time components that is able to provide components meeting every system requirements. The active part plays the role of interacting with an environment, receiving requests from the environment, and invoking services from the passive part to process, then retrieving the results back to the environment. Besides, the model is divided into two parts with the aim of reducing the complexity of the system due to the system development based-on divide-and-conquer strategy and to control parallel processes in systems that based on this model. The model also allows the processes of components in both parts to implement in parallel. In addition, in order to accurately analyze interactions in component-based real-time systems, the dissertation also proposes an interaction protocol with timing constraints and resource constraints by specifying the order of

services in components based on regular expression over the distributed alphabet and modeling the behavior sequences of the system environment by timed automata and priced/weighted automata. The dissertation also proposes algorithms for checking the conformance of behavior sequences of environments to the interaction protocols, over both functional and non-functional aspects, of components. The conformance of an environment to a protocol of a component also indicates the effective utilizing system resources that the environment provides to the component.

Second, the dissertation proposes an extension of component interface theory becomes the real-time interface theory for specification and modeling of component-based real-time systems. A real-time interface is a tuple of three elements including input variables, output variables, and a relation among input variables and output variables and time constraints on the relation. This relation is described by a first-order-logic formula to assert that if an environment assigns a set of values that satisfies conditions over the input variables of an interface, then the interface will ensure that the output results will meet the requirements of the system environment for timing constraints. With this approach, the sequential behaviors and functionalities of a software component are specified more concisely, plainly and elaborately. Since sequential behaviors of a real-time component interface are infinite, the thesis uses duration automata to finitely represent the behavior sequences of a real-time interface and its environments. This thesis uses duration automata because of its advantages in specifying and modeling worst case execution time (WCET) and at least time (i.e. best case execution time) of a behavior in a component interface. In this contribution, the dissertation also takes into account the using of interfaces by its environment depending on the pluggability of an environment to a component interface. Therefore, the using of real-time interfaces with the relation among input and output variables is an effective method to verify and validate component-based real-time systems.

Third, the thesis proposed a technique that model and verify component-based real-time systems by timed contracts and timed contracts with resource constraints based on both approaches correctness-by-construction and design-by-contract. This technique allows elaborately specifying real-time components in the method level in which includes input/output variables as well as constraints on input/output variables. In addition, this technique also explicitly indicates what kind of resources and methods that software components need to implement system

requirements and which services that components provide to their environments with how does it cost? This technique also allows specifying the invariant elements, resource invariant elements. In particular, this method applies the interaction protocol, which is mentioned in the first contribution, to specify the interaction of services among software components and its environments. Especially, in a software component, the execution order of methods are represented by a real-time regular expression that has resource constraints. When the environment wants to use services from a software component, the environment must provide adequately resources for the services in the component, and the environment must conform to the order in which software services are called. Through this adherence, the software component will ensure the quality of the services it provides. Thus, by this technique, a component-based real-time system is developed incrementally by composing timed contracts. Hence, the elements in this system are fully analyzed and evaluated in both functional and non-functional aspects. To be able to implement in practice, the thesis also proposes a template real-time specification language that unifies real-time specification languages with fully functional and non-functional specification features. Based on this technique, component-based real-time systems are fully qualified and specification of components in terms of timed contracts are used as the basis for improving software quality.

12. Practical applicability, if any:

The main result of this dissertation can be applied to develop large-scale and complicated component-based real-time systems.

13. Further research directions, if any:

Applying the theories for embedded systems, robot, multi-agent systems, etc. Developing a tool to support for analyzing and estimating two functional and non-functional aspects of component-based real-time systems.

14. Thesis-related publications:

- [1] Nguyen Trinh Dong, Dang Van Hung and Truong Anh Hoang (2011), “Real-Time Relational Interface Behavior Modeling and Specification”, *KSE 2011-Third International Conference on Knowledge and Systems Engineering*, pages 112-119.

- [2]. Nguyen Trinh Dong (2015), "Memory Resource Estimation of Component-Based Systems", *4th International Conference, ICCASA 2015, Vung Tau, Vietnam, November 26-27, pages 73-82.*
- [3]. Dang Van Hung, Nguyen Trinh Dong and Truong Anh Hoang (2017), "A Model for Real-timed Concurrent Interaction Protocols in Component Interfaces", *VNU Journal of Science: Computer Science and Communication Engineering, vol.33, no.1, pages 8-15.*
- [4]. Nguyen Trinh Dong, Dang Van Hung, Truong Anh Hoang (2017), "A formal contract-based model for component-based real-time systems", *The 4th National Foundation for Science and Technology Development Conference on Information and Computer Science (NICS 2017), pages 230-235.*
- [5] Nguyen Trinh Dong (2017), "A General Model for Quality Analyzing of Functional and Non-functional Features in Real-Time Systems", *The 6th Conference on Information Technology and Its application (CITA 2017), pages 15-22.*

Date: 02/07/2018

Signature of supervisors

Date: 02/07/2018

Signature of PhD student

Dang Van Hung

Nguyen Trinh Dong