

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG NS-3 TRONG XỬ LÝ SỐ LIỆU MÔ PHỎNG TRÊN MẠNG IP

RESEARCH ON APPLICATION OF NS-3 IN DATA PROCESSING SIMULATION ON IP NETWORKS

Cao Diệp Thắng

Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Đến Tòa soạn ngày 14/04/2022, chấp nhận đăng ngày 28/04/2022

Tóm tắt: Bộ công cụ mô phỏng mạng NS-2, thường được ứng dụng trong nghiên cứu các bài toán đánh giá hiệu năng truyền dữ liệu trên mạng IP. Bài báo này giới thiệu một phương pháp mới là sử dụng công cụ mô phỏng NS-3 để nghiên cứu đánh giá các công nghệ mạng tiên tiến, đặc biệt trên các ứng dụng mạng IP.

Từ khóa: NS-2, NS-3.

Abstract: NS-2 network simulation toolkit is often applied in research on performance evaluation of data transmission on IP networks. This paper introduces a new method using NS-3 simulation tool to analyze and evaluate advanced networking technologies, especially on IP network applications.

Keywords: NS-2, NS-3, Network Simulation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phương pháp mô phỏng đã được sử dụng rộng rãi trong nghiên cứu các hệ thống mạng IP. Mô phỏng mạng thông thường thích hợp khi: Trình mô phỏng là một thành phần thiết yếu để thử nghiệm và xác nhận các mô hình và kiến trúc mới của bất kỳ hệ thống nào. Do việc thử nghiệm các mô hình mới thường rất tốn chi phí để thử nghiệm trên các mạng và thiết bị thực, nên các công cụ mô phỏng đã được nghiên cứu phát triển. Bên cạnh Ns-3 có nhiều công cụ mô phỏng mạng điển hình như họ NS (NS-2, NS3), OMNeT++,... xem bảng 1.

Trong trường hợp các mạng phức tạp có sự tham gia của nhiều thiết bị mạng chẳng hạn như mạng IoT cho ứng dụng tầm xa loraWAN [3,4,5], việc chọn lựa công cụ mô phỏng phù

hợp vẫn là một câu hỏi cần giải quyết. Do đã ngừng phát triển khá lâu, từ 2015 đến nay nên NS-2 ngày càng bộc lộ hạn chế khi thực hiện nghiên cứu các công nghệ mạng thế hệ mới. Do đó, bài báo này giới thiệu đến một phương pháp ứng dụng công cụ mô phỏng khác, đó là mô phỏng NS-3, phương pháp này cho kết quả mô phỏng tương đương với phương pháp sử dụng công cụ NS-2, ngoài ra thông qua hệ số xác định hiệu chỉnh, sẽ đưa ra một sự so sánh để có lựa chọn tốt hơn trong các mô hình phù hợp [2].

Bảng 1. Bảng một số công cụ mô phỏng mạng

Bộ mô phỏng	Hệ điều hành	Phiên bản mới nhất	Nhà cung cấp/Website
Ns-2	Windows/ Cygwin, Linux, Mac OS...	Ns2. 2.35 2015	http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-build.htm

Bộ mô phỏng	Hệ điều hành	Phiên bản mới nhất	Nhà cung cấp/Website
NS-3	Windows, Linux, Mac OS,...	Ns3. 3.35 10/2021	https://www.nsnam.org/news/2021/10/01/ns-3-35-released.html
OMNeT++	Windows, Linux, Mac OS,...	OMNeT++ 6.0, 12/2021	https://omnetpp.org/software/2021/12/22/omnet-6-pre15-released.html

Cấu trúc bài báo được trình bày ở các phần tiếp theo như sau: Phần 2 giới thiệu về phương pháp mô phỏng NS; Công cụ mô phỏng NS-2, NS-3. Phần 3 giới thiệu một số độ đo thông dụng trong xử lý tính toán tham số hiệu năng mạng. Phần 4 trình bày ứng dụng của NS-3 trong mô phỏng mạng IP trong các môi trường kết nối có dây và không dây. Kết luận và một số vấn đề ứng dụng sẽ được đưa ra trong phần 5.

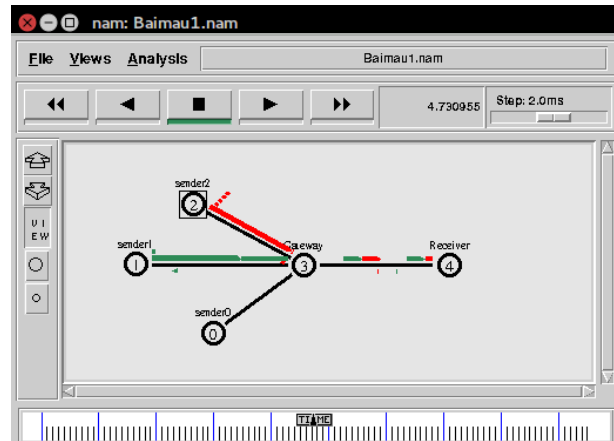
2. PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG NS

2.1. Phương pháp mô phỏng NS-2

NS là phần mềm mô phỏng mạng điều khiển sự kiện rời rạc hướng đối tượng, được phát triển tại UC Berkely từ 1995, viết bằng ngôn ngữ C++ và OTcl. NS có thể ứng dụng cho việc mô phỏng mạng diện rộng (WAN) và mạng local (LAN). Chức năng của NS-2 bao gồm:

- Khả năng kiểm tra tính ổn định của các giao thức mạng đang tồn tại;
- Khả năng đánh giá các giao thức mạng mới trước khi đưa vào sử dụng;
- Khả năng mô phỏng những mô hình mạng lớn mà gần như không thể thực thi được trong thực tế;
- Khả năng mô phỏng nhiều loại mạng khác nhau.

Xem minh họa giao diện của mô phỏng NS-2 (hình 1).



Hình 1. Giao diện mô phỏng NS-2

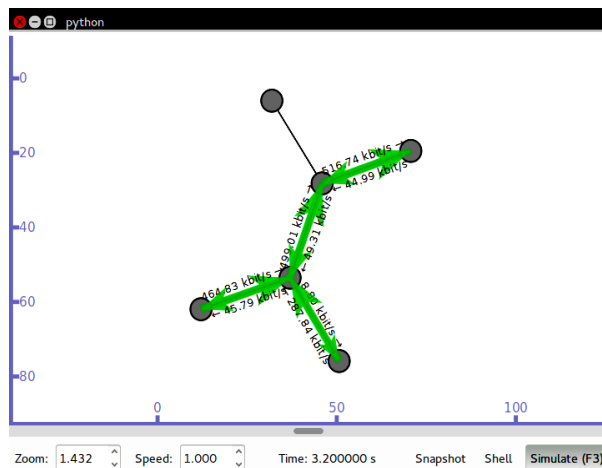
Tuy nhiên, các mô phỏng NS-2 không thực hiện trong thời gian thực, ngoài ra dự án NS-2 đã dừng lại ở phiên bản NS-2 2.35 và 1 số biến thể khác từ năm 2015[2]. Do vậy các nhà nghiên cứu làm việc trên NS-2 gặp nhiều khó khăn khi mô phỏng các mạng thế hệ mới, đòi hỏi ứng dụng thời gian thực.

2.2. Phương pháp mô phỏng NS-3

Dự án NS-3 [2, 3, 4] được bắt đầu vào giữa năm 2006 và đến nay vẫn đang tiếp tục phát triển mạnh mẽ. Phiên bản mới nhất của NS-3 là NS-3 3.35 phát hành tháng 10 năm 2021. Hiện nay phiên bản NS3, 3.36 đã có kế hoạch phát triển và phát hành vào quý 1 năm 2022. NS3 là trình mô phỏng nguồn mở được thiết kế để sử dụng cho mục đích nghiên cứu nhằm thử nghiệm các giao thức mới và khắc phục một số tồn tại của NS-2. NS3 đã được phát triển tích cực bởi cộng đồng và các mô đun mới tiếp tục được cộng đồng tích cực phát triển và duy trì. NS3 hỗ trợ hầu hết các giao thức mạng và cũng hỗ trợ hầu hết các loại thiết bị mạng. Các giao thức khác nhau thường được sử dụng bởi các thiết bị IoT như Bluetooth, LTE, Zigbee, 6LOWPAN [2,3,6]... Nó cũng hỗ trợ các mô đun khác nhau cho phép mô phỏng song song, mô phỏng phân tán... Nó có thể được mở rộng dễ dàng để hỗ trợ và kiểm tra các ứng dụng khác nhau. Các

chương trình mô phỏng mạng ns-3 có thể được viết hoàn toàn trên ngôn ngữ C++, ngoài ra một số mô phỏng ứng dụng NS-3 cũng có thể được viết bằng ngôn ngữ Python.

Xem minh họa hình 2: Giao diện mô phỏng NS-3 trực quan hóa bằng Python trên PygraphViz.



Hình 2. Giao diện mô phỏng NS-3

NS-3 hỗ trợ mô phỏng và sử dụng cơ chế ổ cắm (sockets) để giả lập, công cụ cũng sử dụng các file bám vết CAP, Ascii để gỡ lỗi. NS-3 sử dụng công cụ phân tích mạng tiêu chuẩn Wireshark để đọc các file bám vết (tracing). Sau cùng NS-3 cung cấp một môi trường thực tế và mã nguồn được tổ chức rất tốt [2].

Một số đặc điểm của NS-3:

- NS3 không tương thích ngược với NS2; nó được xây dựng từ đầu để thay thế NS2;
- NS3 được viết bằng C++, Ngôn ngữ lập trình Python có thể được tùy chọn sử dụng làm giao diện;
- NS3 đang cố gắng giải quyết các vấn đề có trong NS2;
- Số lượng mã đóng góp được thực hiện bằng NS3 rất hạn chế so với NS2;
- Trong NS2, hệ thống song ngữ làm cho việc gỡ lỗi trở nên phức tạp (C++/Tcl), nhưng

đối với NS3 chỉ cần kiến thức về C++ là đủ (kiến trúc đơn ngôn ngữ sẽ mạnh mẽ hơn về lâu dài);

- NS3 có một chế độ giả lập, cho phép tích hợp với các mạng thực.

2.3. Tính toán độ đo hiệu năng mạng

Một trong các vấn đề xử lý số liệu khi tiến hành mô phỏng mạng là lựa chọn các tham số tác động đến hiệu năng, chất lượng dịch vụ mạng. Mạng đề cập đến các thước đo chất lượng của dịch vụ như băng thông, thông lượng, độ trễ, chập chờn, lỗi... NS3 có cơ chế phân tích bám vết (tracing file) cho phép xem xét các thông số hiệu suất như: băng thông (bandwidth), thông lượng (throughput), độ trễ (delay), độ biến thiên (jitter),...

Để thực hiện tính toán các độ đo hiệu năng, chúng tôi trình bày mã giả một số hàm xử lý file bám vết (tracing) của NS-3 như sau:

Packet Sent : tính số gói tin truyền từ một nút.

```
int PkSent() {
//Ps là số gói tin đã gửi.
Ps=0;
event - Gets($1) from tr file .tr
//+ tham chiếu đến các gói tin endqueue in
//(trace file format in Ascii of NS3)
if(event == ' +')
Ps+=Ps
return Ps}
```

Packet Received: tính số gói tin nhận được tại một nút.

```
int PkReceived() {
//Pr là số gói tin đã nhận.
Pr=0;
event - Gets($1) from tr file .tr
//r tham chiếu đến các gói tin nhận được in
//(.tr trace file format in Ascii of NS3)
if(event == 'r')
Pr+=Pr
return Pr}
```

Packet Dropped: trả về số gói tin bị rớt khi chạy mô phỏng.

```
int PkDropped() {
//Pd là số gói tin bị rớt.
Pd=0;
event - Gets($1) from tr file .tr
```

```
//d tham chiếu đến các gói bị dropped in
//(trace file format in Ascii of NS3)
if(event == 'd')
Pd+=Pd
return Pd}
```

Packet Delivery Ratio: trả về tỷ suất phân phối gói tin giữa số tin đã truyền của một nút trên số gói tin nhận được

```
float PdfRatio() {
//Ps là số gói tin đã phát.
//Pr là số gói tin đã nhận được
Pdf = (Pr/Ps)*100
return Pdf}
```

Throughput: Số gói tin đã truyền thành công từ nút gửi đến nút nhận trong một đơn vị thời gian. Throughput được đo bằng bit trên giây (bps). Sau đây là hàm tính thông lượng Throughput():

```
float Throughput() {
float Thr; /Thr is a throughput
Thr = (Pr*100)/time;
return Thr;
}
```

Trong phần tiếp theo trình bày một số kết quả và thảo luận khi ứng dụng công cụ NS-3 để xử lý số liệu khi tiến hành mô phỏng mạng IP thực tế.

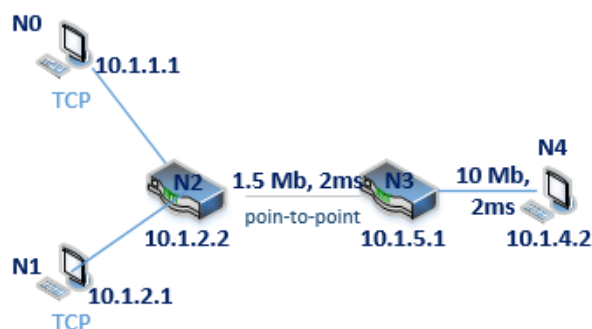
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả mô phỏng mạng IP

Kịch bản 1: Mô phỏng mạng gồm có 5 node: N0, N1, N2, N3, N4. Node N0 kết nối với N2 bằng thông 10 Mb/s, độ trễ 1 ms. Node N1 kết nối với N2 bằng thông 10 Mb/s, độ trễ 2 ms. N2 kết nối với N3 bằng thông 1.5 Mb/s, độ trễ 2 ms. Node N3 kết nối với N4 với bằng thông 10 Mb, độ trễ 2 ms. Trong mô phỏng Node N0, N1 thực hiện gửi các gói tin có kích thước 2Mb tới N4 thông qua kênh truyền N2-N3. Kênh truyền N2-N3 sử dụng thuật toán quản lý hàng đợi tích cực RED với thông số đầu vào thông số đầu vào: $\min_{th} = 5$, $\max_{th} = 15$, $w_q = 0.0027$ [1].

Kết quả khi thực hiện mô phỏng trên Ns3,

version 3.34, hệ điều hành Ubuntu 18.04Lts (xem hình 4).



Hình 3. Cấu hình mô phỏng kịch bản 1

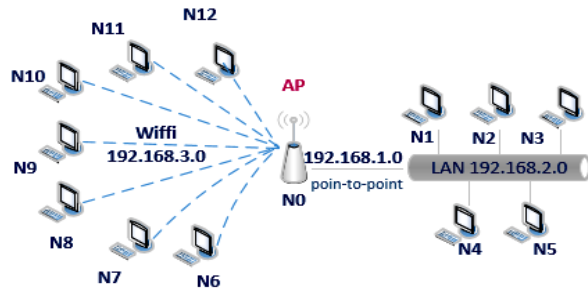
```
Packets/Bytes received: 15102 / 15152284
Packets/Bytes enqueued: 14852 / 14959338
Packets/Bytes dequeued: 14852 / 14959338
Packets/Bytes requeued: 0 / 0
Packets/Bytes dropped: 250 / 192946
Packets/Bytes dropped before enqueue: 250 / 192946
Forced drop: 192 / 142232
Unforced drop: 58 / 50714
Packets/Bytes dropped after dequeue: 0 / 0
Packets/Bytes sent: 14852 / 14959338
Packets/Bytes marked: 0 / 0
```

Hình 4. Kết quả chạy mô phỏng kịch bản 1

Số gói tin bị loại bỏ của RED là 250 với tỉ lệ là 1,65%. Dựa trên kịch bản này chúng ta có thể tính toán được sự biến động mất gói tin khi cài đặt các thuật toán quản lý hàng đợi tại các cổng gateway, từ đó dự đoán và kiểm soát được tốc độ tắc nghẽn của mạng để có các chiến lược khắc phục hợp lý.

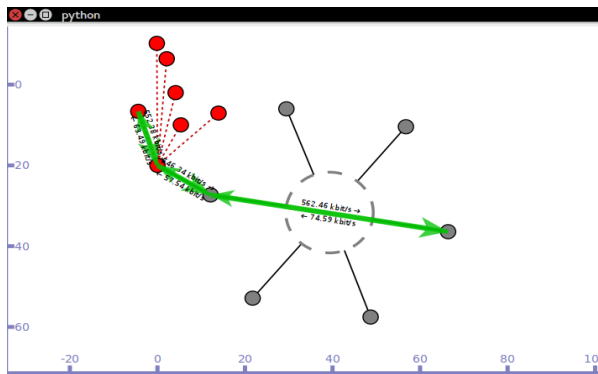
Tiếp theo chúng tôi thực hiện mô phỏng NS-3 trên một mạng wifi cơ bản 802.11b kết nối với một mạng LAN, xem kịch bản 2.

Kịch bản 2: Trong mô hình kịch bản mô phỏng một mạng wifi kết nối với 1 mạng LAN qua kết nối point-to-point, chúng tôi sử dụng một node làm Access Point (AP) - cụ thể là node N0. Tiếp đó, chúng ta sẽ cài đặt một kênh WifiChannel (được tích hợp trong ns-3) cho các nút từ N6-N12, các nút N1, N2 đến N5 thuộc mạng LAN 192.168.2.0. (Xem hình 6). Kịch bản mô phỏng 2 được chạy trên phiên bản Ns-3, version 3.25, Ubuntu 18.04 LTS.



Hình 5. Cấu hình mô phỏng kịch bản 2

Trên hình 6, thể hiện trực quan khi truyền dữ liệu CBR từ nút N7 trong mạng wifi 192.168.3.x đến nút N4 trong mạng LAN 192.168.2.y. Từ nút N7 192.168.3.2 đến nút N4 192.168.2.4



Hình 6. Mô phỏng kết nối giữa nút N7 và N4

Sử dụng công cụ phân tích file bám vết kết quả mô phỏng định dạng (.pcap) bằng công cụ phân tích Wireshark để quan sát dữ liệu truyền giữa hai mạng (hình 7).

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	192.168.3.6	192.168.2.4	UDP	542	49153 → 9 L
2	0.003316	192.168.3.6	192.168.2.4	UDP	542	49153 → 9 L
3	0.011316	192.168.3.6	192.168.2.4	UDP	542	49153 → 9 L
4	0.013074	192.168.2.4	192.168.3.6	ICMP	58	Destination
5	0.013167	192.168.2.4	192.168.3.6	ICMP	58	Destination
6	0.016340	192.168.2.4	192.168.3.6	ICMP	58	Destination
7	0.019316	192.168.3.6	192.168.2.4	UDP	542	49153 → 9 L
8	0.024340	192.168.2.4	192.168.3.6	ICMP	58	Destination
9	0.027316	192.168.3.6	192.168.2.4	UDP	542	49153 → 9 L

Frame 1: 542 bytes on wire (4336 bits), 542 bytes captured (4336 bits)
 Point-to-Point Protocol
 Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.3.6, Dst: 192.168.2.4
 User Datagram Protocol, Src Port: 49153, Dst Port: 9
 Data (512 bytes)

Hình 7. Phân tích bám vết trên Wireshark

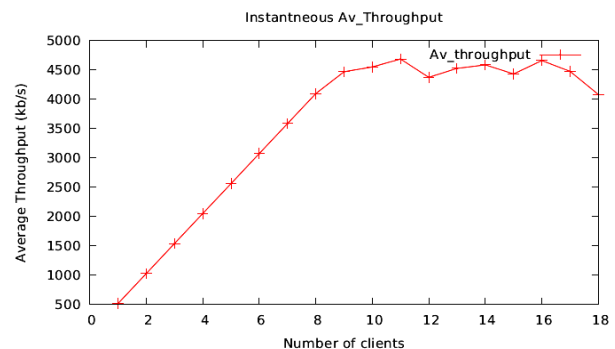
Để đánh giá khả năng truyền tải của mạng wifi 192.168.3.0, tác giả tính toán thông lượng trung bình của mạng tương ứng với số nút các máy khách (clients) tham gia trong mạng. Thực hiện mô phỏng tương ứng với số nút mạng gia tăng từ 1 đến 18, kết quả tính toán

được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Thông lượng trung bình (kbs)

Số nút clients (n)	Thông lượng trung bình (kbps)
1	512.695
2	1025.12
4	2049.22
5	2560.94
6	3073.88
7	3585.24
8	4098.06
9	4470.15
10	4551.97
11	4687.76
12	4551.97
14	4588.50
15	4432.62
16	4660.11
17	4476.64
18	4081.71

Kết quả thực hiện mô phỏng: thực hiện tính toán thông lượng trung bình trong trường hợp các nút mạng trong mạng wifi biến động với số nút máy khách từ 2 đến 14. Kết quả thể hiện trên hình 8 cho thấy thông lượng trung bình tăng tương ứng với mật độ nút tham gia mạng wifi, tuy nhiên khi số nút trong mạng vượt quá 10, mạng có hiện tượng bão hòa và thông lượng dao động xấp xỉ ở mức 4,5 kbps, sau đó suy giảm dần.



Hình 8. Thông lượng trung bình mạng wifi

3.2. Thảo luận

Qua các kết quả mô phỏng ở kịch bản 1, 2 chúng ta thấy công cụ mô phỏng NS-3 có khả năng hỗ trợ các bài toán mô phỏng mạng IP trên môi trường mạng có dây và mạng không dây. Kết hợp với các công cụ phân tích mạng để xử lý số liệu mô phỏng (tracing) nhằm đáp ứng sự phát triển mạnh mẽ của các công nghệ mạng, sự phát triển của công nghệ không dây, trong đó bao gồm hỗ trợ tính di động và multihoming. Ns-3 cho phép xây dựng các hàm tính toán các tham số tác động đến hiệu năng mạng để có thể đưa ra các hướng thiết kế, điều chỉnh và nghiên cứu đánh giá các hoạt động và ứng dụng trên nền mạng IP.

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo đã sử dụng công cụ mô phỏng mạng NS-3 phiên bản 3.25 và 3.34 để xử lý số

liệu mô phỏng trên các mạng IP có dây và không dây, bài báo đã giới thiệu đến một phương pháp ứng dụng mô phỏng mới hơn so với phương pháp sử dụng công cụ NS-2. Phương pháp sử dụng NS-3 ưu điểm hơn trong tình huống mạng thực có nhiều thiết bị tham gia mạng như trong các mạng IoT, (lorawan)[4,5]. Với phương pháp ứng dụng công cụ mô phỏng này, bài báo đã bổ sung thêm một phương pháp mới trong bài toán đánh giá mạng IP bằng phương pháp mô phỏng. Phương pháp này có thể ứng dụng, giảng dạy cho học viên ngành công nghệ thông tin, công nghệ mạng truyền thông. Qua đó, giúp học viên có thêm công cụ xử lý các tình huống gặp phải trong quá trình học tập chuyên ngành, cũng như khi làm luận văn và đề tài nghiên cứu khoa học liên quan tới tính toán số liệu mô phỏng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hussein Abdel-jaber et al, *Performance Investigations of Some Active Queue Management Techniques Using Simulation*, International Journal on New Computer Architectures and Their Applications (IJNCAA) 2(1): 286-301 (2012).
- [2] Rajan Patel et al, *Investigation of Network Simulation Tools and Comparison Study: NS3 vs NS2*, Journal of Network Communications and Emerging Technologies (JNCET) Volume 5, Special Issue 2, December (2015).
- [3] K. Ergun et al, *"RelloT: Reliability Simulator for IoT Networks"*, <https://github.com/UCSD-SEELab/RelloT> (2020).
- [4] Brecht Reynders et al, *"A LoRaWAN Module for ns-3: Implementation and Evaluation"*, Workshop on ns-3 - WNS3 2018 - ISBN: 978-1-4503-6413-3, Surathkal, India - June 13-14, 2018.
- [5] F.V. Abeele, J. Haxhibeqiri, I. Moerman, J. Hoebeke, *Scalability analysis of large-scale LoRaWAN networks in ns-3*, in IEEE Transactions on Internet of Things (IoT), 2017.

Thông tin liên hệ:

Cao Diệp Thắng

ĐT 0988983630 - Email: cdthang@uneti.edu.vn

Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp.

