

# 서비스 기능 체이닝을 위한 강화 학습 기반 다중 경로 라우팅

2021.10.16



---

정보보안 협동과정  
조현준

# 목차

연구 목적 및 필요성

기존 연구의 문제점

강화학습 기반 다중 경로 라우팅

실험 계획

향후 일정



# 연구 목적 및 필요성(1/2)



- 소프트웨어 정의 네트워킹(SDN) 기반의 네트워크 기능 가상화(NFV)를 통한 유연한 서비스 제공
- 서비스 기능 체이닝(SFC) 을 통한 효과적인 네트워크 기능 가상화 실현 가능
- 동적으로 변화 하는 환경에서 서비스 기능 체이닝 요청 구성을 위한 최적의 경로 설정 문제 발생
- 강화 학습 중 Q-Routing을 사용하여 서비스 기능 체이닝 경로 설정 문제 해결

## 〈SDN 개념〉



## 〈NFV 개념〉



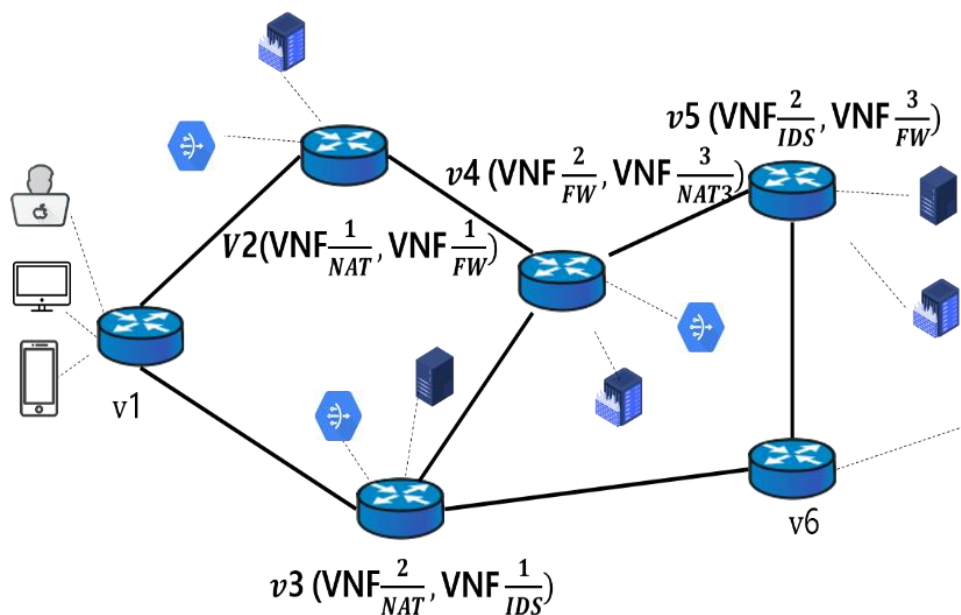
출처 : 소프트웨어정책연구소

# 연구 목적 및 필요성(2/2)

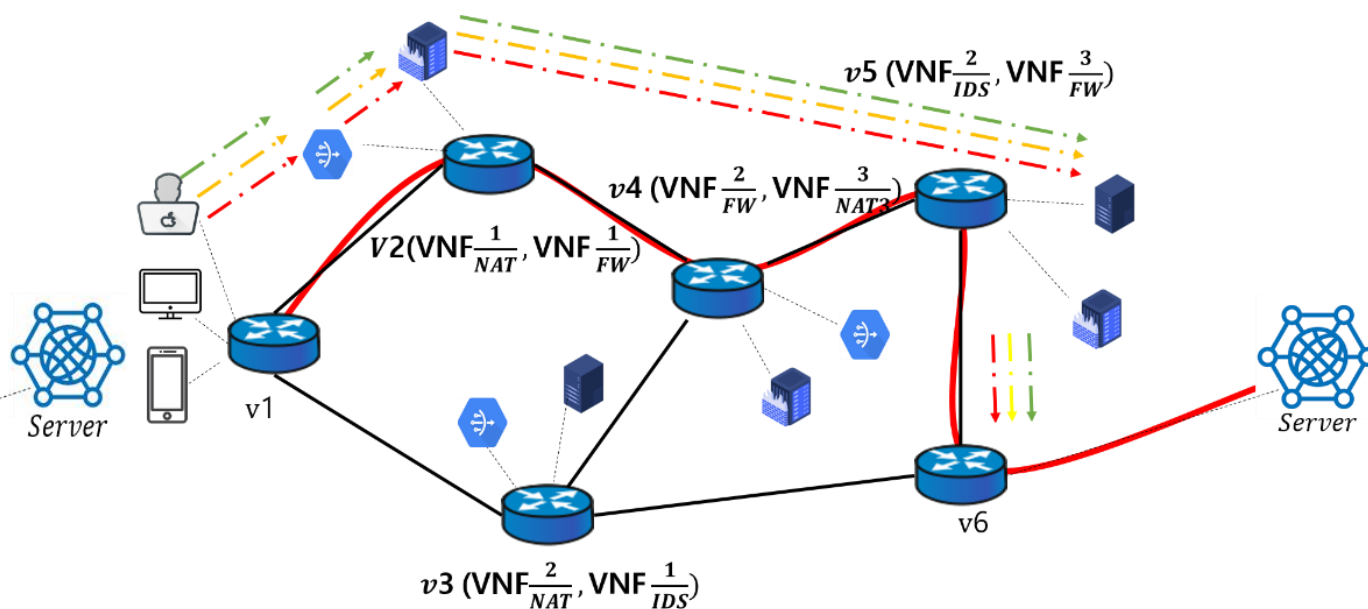


## 서비스 기능 체이닝 구성을 위한 경로 선택 문제 발생

### • VNF Infrastructure topology



### • Routing path 문제

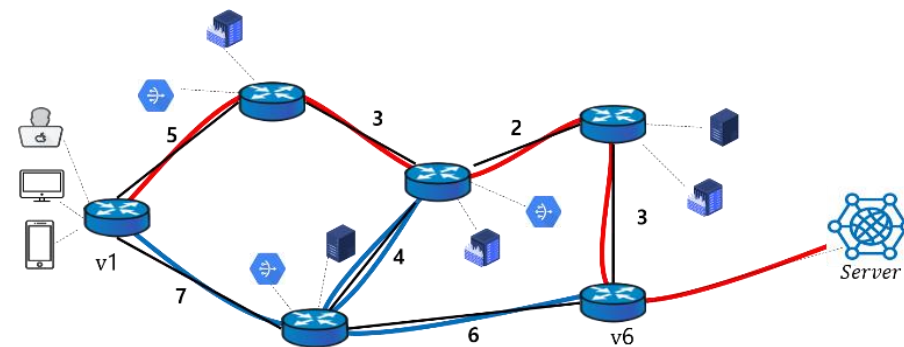


# 기존 연구의 문제점(1/2)

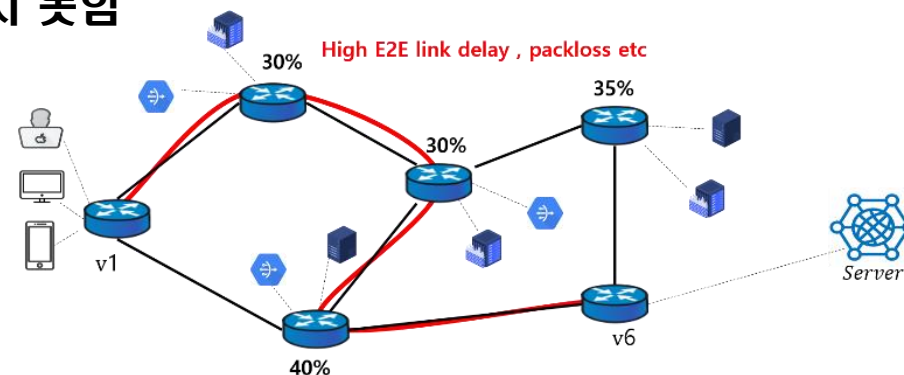


## 라우팅 알고리즘[1][2][3][4]

- [1] 서비스 기능 체이닝 경로 선택 문제를 해결하기 위해 최단거리 알고리즘(Dijkstra) 제안
  - 문제점 : 최단 거리 알고리즘 사용시 특정 구간에서의 병목 현상 발생 및 한정된 네트워크 자원을 효율적으로 사용하지 못함



- [2] 동적 서비스 체인 매핑 및 경로 선택 문제 해결하기 위해 tabu search 알고리즘 기반으로 한 휴리스틱 알고리즘 제안
  - 문제점 : 노드 자원활용만 고려하여 서비스 품질(QoS)측면을 고려하지 못함

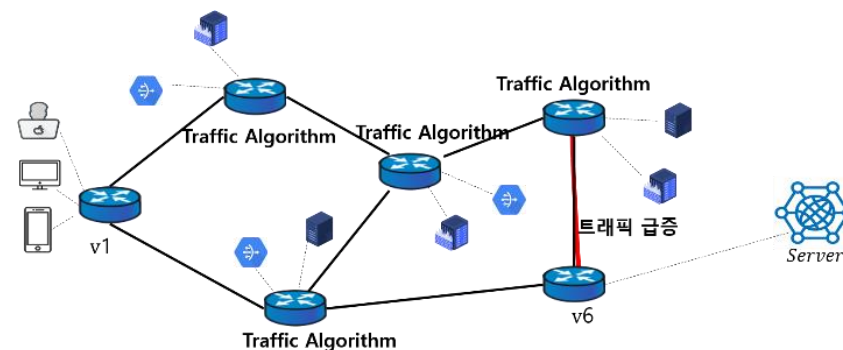


# 기존 연구의 문제점(2/2)



## 라우팅 알고리즘[1][2][3][4]

- [3] 계산 복잡성과 서비스 기능 체이닝 의 단일경로와 다중 경로를 모두 고려한 휴리스틱 알고리즘 제안
  - 문제점 : 정적인 방법으로 경로 선택, 동적으로 변화하는 네트워크 환경에서 유연하게 대처하지 못함



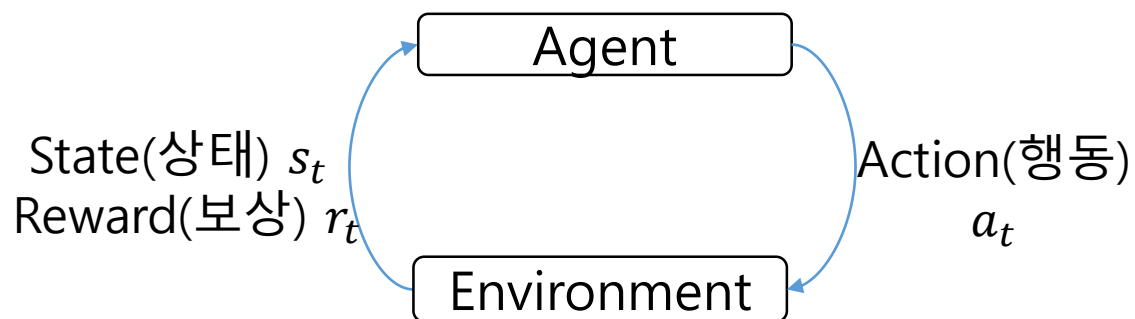
- [4] VNF 배치와 최적의 경로 탐색을 위해 우선순위 기반 가중치 알고리즘을 이용 하여 자원 활용도를 높이고, 휴리스틱 알고리즘을 사용하여 최적의 경로를 탐색 방법 제안
  - 문제점 : 알고리즘 공간복잡도 및 시간복잡도 높음, 5G 네트워크는 급격하게 증가되고 있는 사용자의 서비스 요청에 대하여 적합하지 않다.  
[공간복잡도 : 알고리즘을 프로그램으로 실행하여 완료하기까지 필요한 총 저장 공간의 양  
시간복잡도 : 알고리즘을 프로그램으로 실행하여 완료하기까지의 총 소요 시간]

# 강화학습 기반 다중 경로 라우팅 (1/4)



## 관련 연구

- Q-routing
  - 강화학습 목표 : 환경(Environment)과 상호작용 하는 임의의 Agent 학습
  - Q-routing 목표: 어떤 상태든 가장 높은 누적 보상을 얻을 수 있는 행동 수행 (greedy)



Game Board:



Current state (s):  
0 0 0  
0 1 0

Q Table:

|   | 0 0 0<br>1 0 0 | 0 0 0<br>0 1 0 | 0 0 0<br>0 0 1 | 1 0 0<br>0 0 0 | 0 1 0<br>0 0 0 | 0 0 1<br>0 0 0 |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ↑ | 0.2            | 0.3            | 1.0            | -0.22          | -0.3           | 0.0            |
| ↓ | -0.5           | -0.4           | -0.2           | -0.04          | -0.02          | 0.0            |
| → | 0.21           | 0.4            | -0.3           | 0.5            | 1.0            | 0.0            |
| ← | -0.6           | -0.1           | -0.1           | -0.31          | -0.01          | 0.0            |

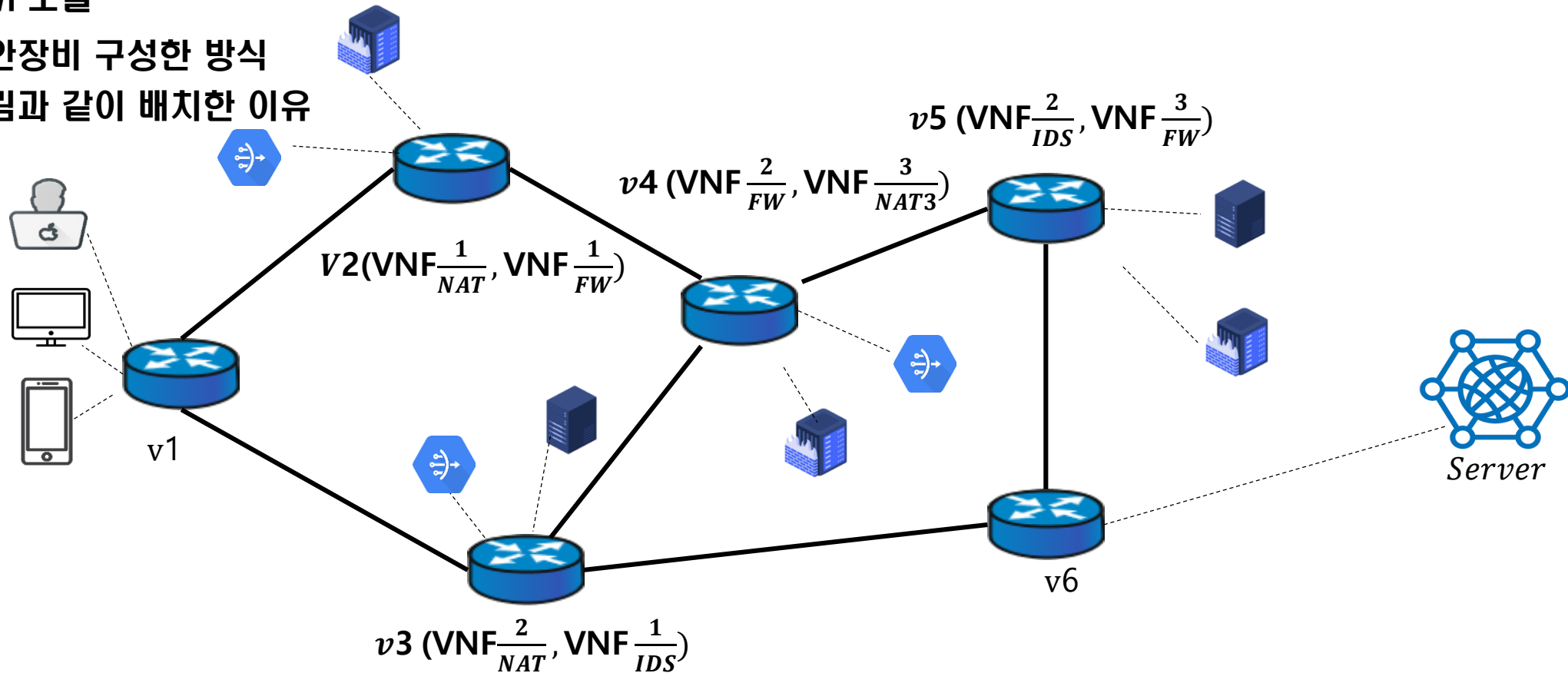
$\gamma = 0.95$

# 강화학습 기반 다중 경로 라우팅 (2/4)



## 제안 방법

- NFVI 모델
- 보안장비 구성한 방식
- 그림과 같이 배치한 이유



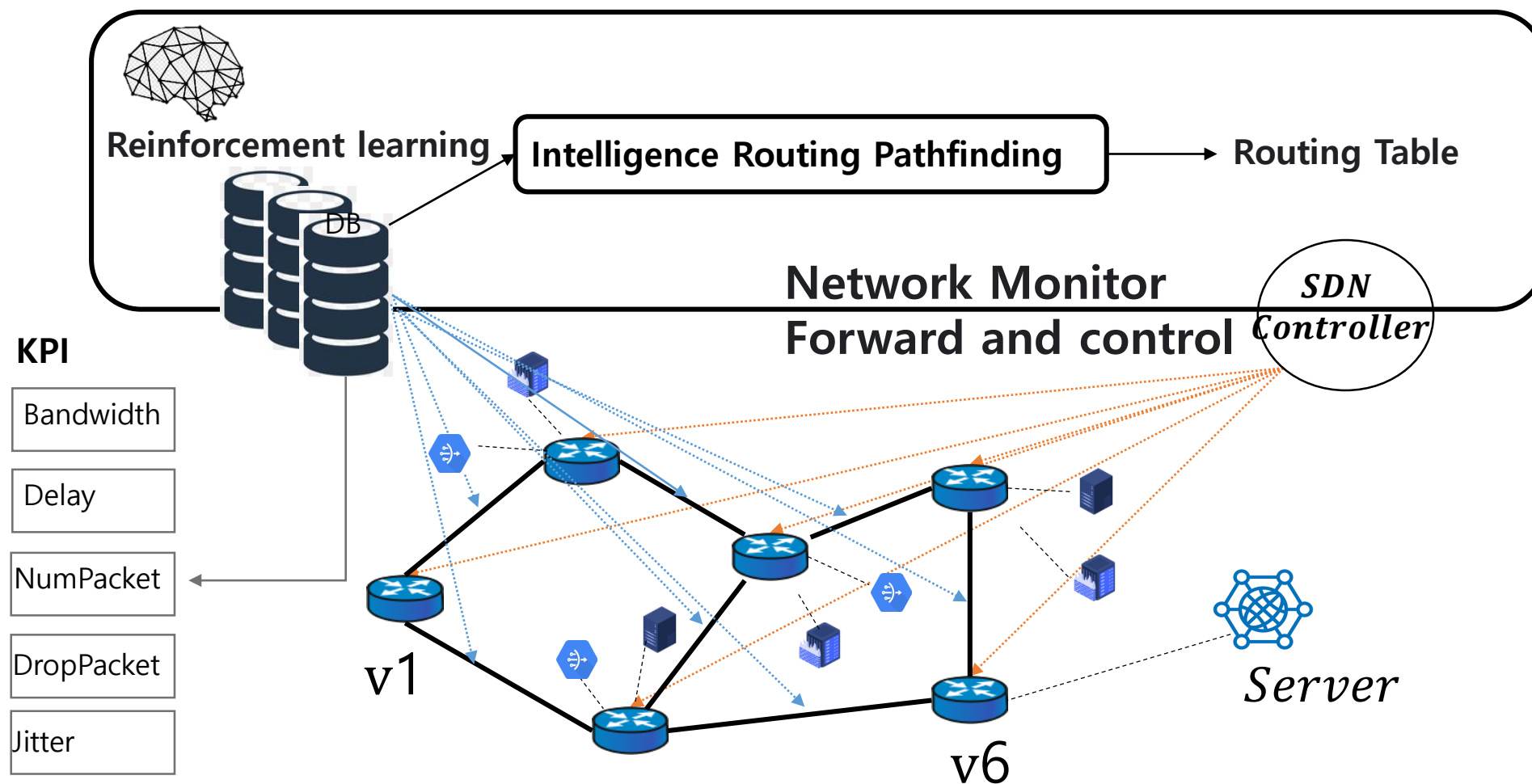
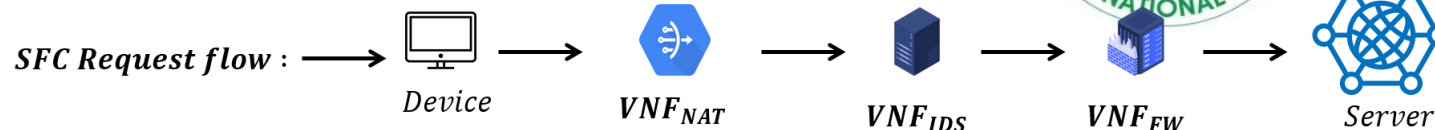


# 강화학습 기반 다중 경로 라우팅 (3/4)



## 제안 방법

- 강화학습 기반 다중 경로 라우팅

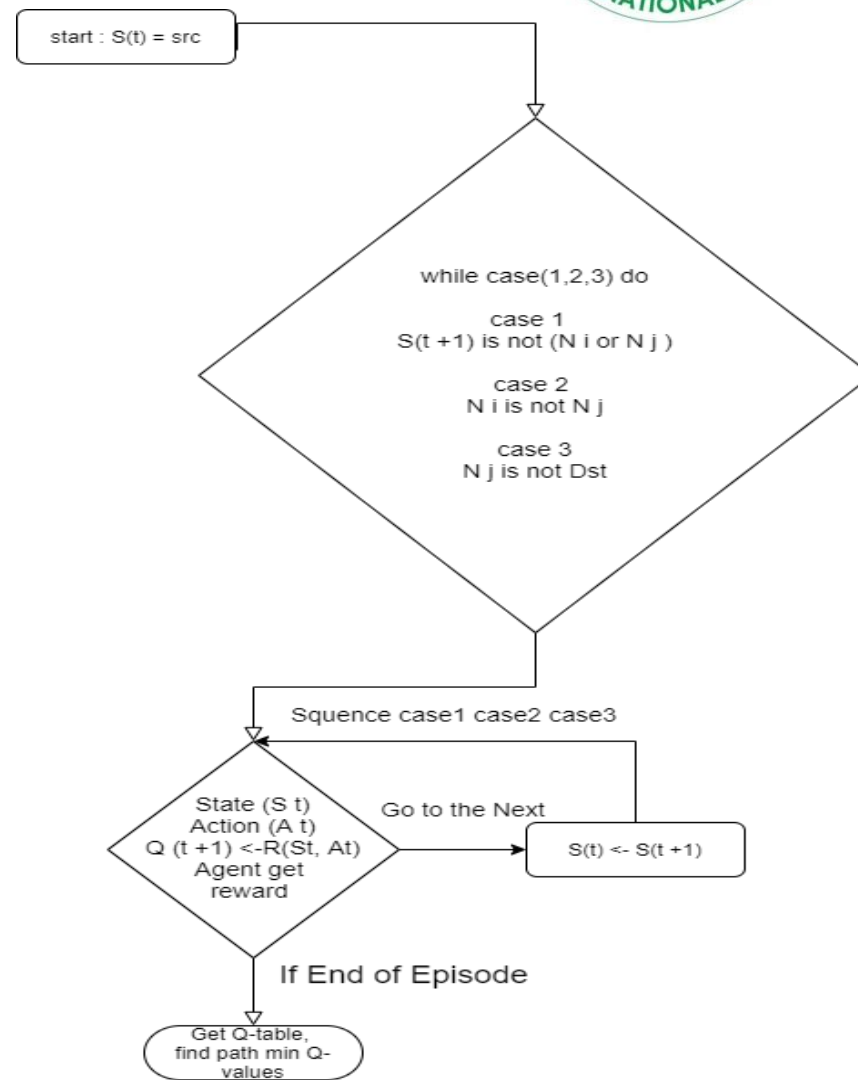
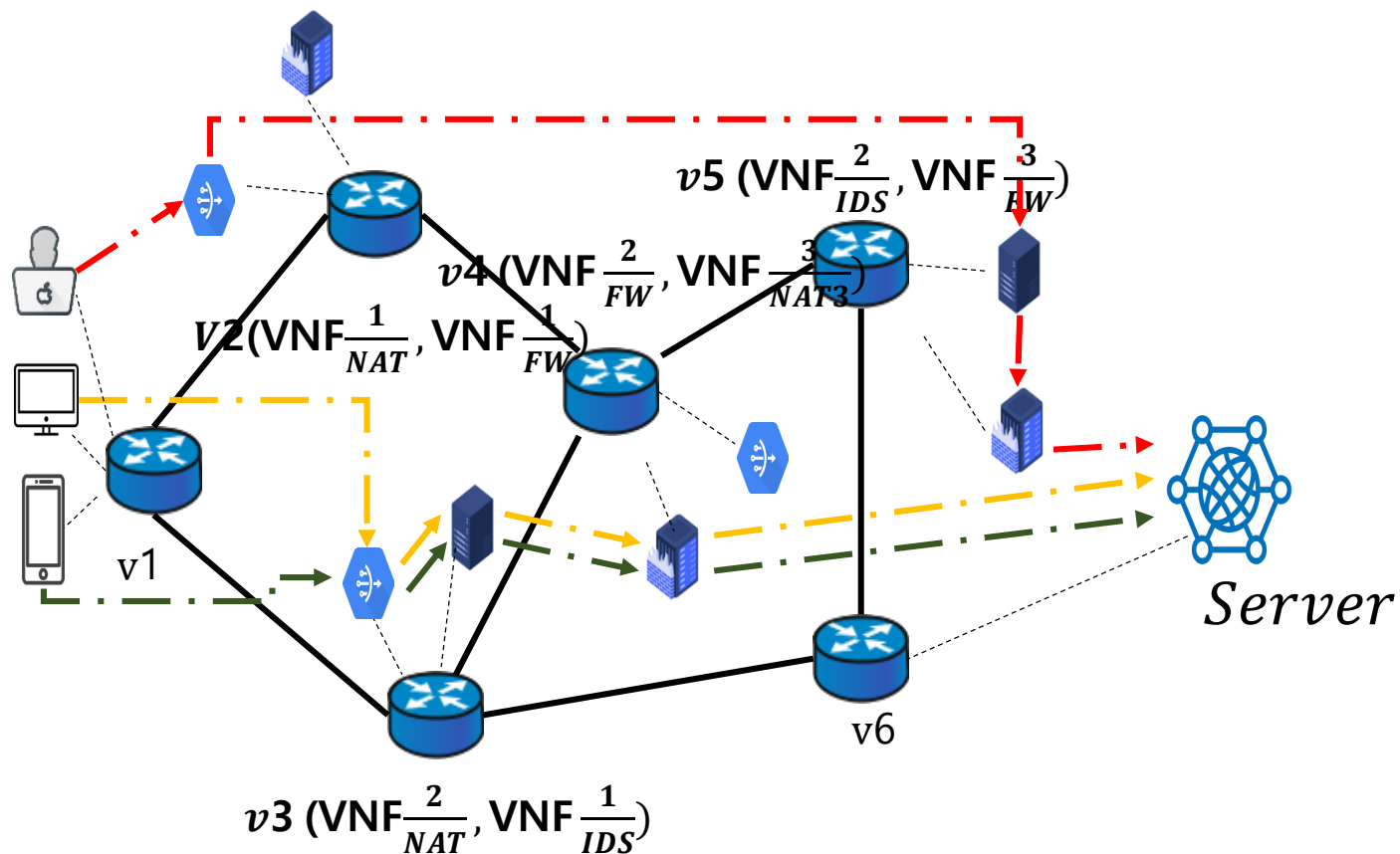


# 강화학습 기반 다중 경로 라우팅 (4/4)



## 제안 방법

- 알고리즘
- 서비스 기능 체이닝을 구성하기 위한 라우팅 경로 탐색



## •서비스 기능 체이닝 구성 선행 연구

[3]다익스트라 알고리즘 제안 문제점 : 특정 구간의 병목현상(링크 혼잡도 증가)

[5]링크 지연과 CPU 사용률을 고려한 알고리즘 제안 문제점 : 서비스 기능 체이닝 요청 수 에 비해 수락률 이 낮음

[6] 링크 지연 및 VNF의 처리량을 고려한 알고리즘 제안 문제점 : CPU 사용률에 따라 변하는 VNF 처리 지연을 고려하지 못함

## •실험 환경

- INET 프레임워크와 OpenFlow 모듈이 있는 OMNeT++ 시뮬레이션 환경을 사용하여 시뮬레이션 모델 구축하였다.

| 환경                   | 구성                              |
|----------------------|---------------------------------|
| Operating system     | Window 10                       |
| Memory               | RAM 32GB                        |
| Programming language | Python 3.6, C++                 |
| Library              | Python 3.6, numpy, pandas       |
| Simulator            | OMNeT++v4.6, INET 2.6 Framework |
| protocol             | OpenFlow1.3, OpenvSwitch2.3.1   |
| SDN Controller       | OMNeT API Controller            |

## •실험 계획

- 1. 알고리즘 계산 시간(시간 복잡성) 비교
- 2. 링크 상태 별 비교(Link delay, jitter, packet drop 등)
- 3. 네트워크 수가 증가 함에 따른 알고리즘 계산 시간
- 4. 네트워크 수가 증가 함에 따른 알고리즘 링크 상태 비교

- **지금까지의 결론**

- 서비스 기능 체이닝 구성 시 보안 요구사항을 고려
- NFV 에서 지원되는 보안 기능을 사용하여 서비스 기능 체이닝으로 구성된 네트워크에서 발생하는 라우팅문제를 해결하기 위해 강화학습 기반으로 해결하고자 함
- 선행 연구들과 비교 및 검증을 하지 못하였음

- **향후 일정**

- 선행 연구들과 비교 및 검증 수행
- 관련연구들의 문제점 추가 파악 하기

- 1 Dwaraki, Abhishek, and Tilman Wolf. "Adaptive service-chain routing for virtual network functions in software-defined networks." Proceedings of the 2016 workshop on Hot topics in Middleboxes and Network Function Virtualization. 2016.
- 2 Mijumbi, Rashid, et al. "Design and evaluation of algorithms for mapping and scheduling of virtual network functions." Proceedings of the 2015 1st IEEE conference on network softwarization (NetSoft). IEEE, 2015.
- 3 O. Alhussein et al., "Joint VNF Placement and Multicast Traffic Routing in 5G Core Networks," 2018 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), 2018.
- 4 Tajiki, Mohammad M., et al. "Energy-efficient path allocation heuristic for service function chaining." *2018 21st Conference on Innovation in Clouds, Internet and Networks and Workshops (ICIN)*. IEEE, 2018.
- 5 G. Garg, V. Reddy, A. Antony Franklin and B. R. Tamma, "DAVIS: A Delay-Aware VNF Selection Algorithm for Service Function Chaining," 2019 11th International Conference on Communication Systems & Networks (COMSNETS), 2019.
- 6 Alleg, Abdelhamid, et al. "Delay-aware VNF placement and chaining based on a flexible resource allocation approach." *2017 13th international conference on network and service management (CNSM)*. iee, 2017

# Thank you...!!!

Thank you for listening.  
Tell us if you have any questions