

LLM을 활용한 네트워크 라우팅 설계에 관한 연구

박찬진*

*한국과학기술정보연구원

*pcj0722@kisti.re.kr

Research on network routing design with an LLM

Chanjin Park*

*Korea Institute of Science and Technology Information

요 약

본 논문은 현재 가장 주목받고 있는 대규모 언어 모델(LLM, Large Language Model)을 활용하여 네트워크 엔지니어의 네트워크 설정 작업을 지원하기 위한 연구로 시작되었습니다. 본 연구에서는 LLM 중 하나인 ChatGPT-4o와의 대화를 통해 라우터 정보와 토폴로지 정보를 입력하고, 간단한 라우팅 요구사항을 제공함으로써, ChatGPT-4o가 각 라우터에 적합한 설정 정보를 생성할 수 있음을 확인하였습니다. 생성된 설정은 네트워크 시뮬레이터를 통해 검증되었으며, 이를 통해 ChatGPT-4o가 제공한 네트워크 설정이 정상적으로 동작함을 입증하였습니다. 본 연구는 LLM을 활용한 네트워크 설정 자동화의 가능성을 제시하며, 네트워크 엔지니어링의 효율성과 정확성을 높이는 데 기여할 수 있음을 보여줍니다.

I. 서 론

네트워크 엔지니어링은 복잡하고 시간이 많이 걸리며 오류가 발생했을 때 미치는 영향이 크기 때문에 숙련된 네트워크 엔지니어링 팀을 필요로 합니다. 이것에는 네트워크 토폴로지 설계, 네트워크 구현, 라우팅 및 보안 정책의 적용, 네트워크 규약 준수 등을 포함한 다양한 작업이 포함됩니다. 이러한 작업은 네트워크 아키텍처의 이질성과 복잡성이 증가함에 따라 더욱 어려워졌습니다. 이를 해결하기 위한 네트워크 자동화는 네트워크 관리의 효율성과 정확성을 향상시키는 중요한 기술이지만, 구현에는 여러 도전과제가 존재합니다. 다양한 벤더와 장비로 구성된 복잡한 환경, 레거시 시스템과의 호환성 문제, 표준화 부족이 주요 기술적 어려움으로 작용합니다. 또한, 자동화 도구를 활용하기 위한 기술 격차와 보안 위협에 대한 우려가 도입을 지연시키는 요인으로 나타납니다. 실시간 변화에 적응해야 하는 네트워크의 동적 특성과 테스트 및 검증 과정의 복잡성은 자동화 시스템 설계의 추가적인 장애물입니다. 이것과 별도로 최근 등장한 트랜스포머 기반의 LLM은 대화형 및 코드 작성 기능을 도입하고 추론 및 복잡한 작업의 실행을 가능하게 함으로써 인공지능(AI) 분야에 혁명을 일으켰고 다양한 프로그래밍 코드, 특정 네트워크 설정 코드 생성 등에 뛰어난 성능을 보여줬습니다. 이러한 이유로 본 연구는 ChatGPT-4o와의 대화를 통해 라우터 정보와 토폴로지 정보를 입력하고, 간단한 라우팅 요구사항을 제공함으로써, ChatGPT-4o가 각 라우터에 적합한 설정 정보를 생성할 수 있음을 확인함으로써 LLM을 활용한 네트워크 설정 자동화의 가능성을 제시하며, 네트워크 엔지니어링의 효율성과 정확성을 높이는 데 기여할 수 있음을 보여줍니다.

II. 본론

1. 실험의 설계

본 논문에서는 ChatGPT-4o를 활용해 네트워크를 구현하기 위해 ChatGPT-4o를 네트워크 엔지니어의 전문가로 만들고 설계된 네트워크의 장비의 구성 및 인터페이스 정보, 네트워크 토폴로지(장비와 연결구성)

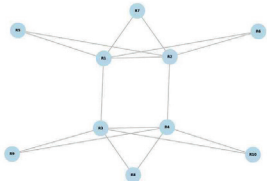
등을 입력하고, 특정 장비에서의 IGP(Internal Gateway Protocol)의 구현을 위해 각 라우터의 OSPF(Open Shortest Path First) 설정 코드를 생성해 보았다. 그리고 라우터의 OS를 IOS-XR에서 IOS로 변경하여 새로운 설정 코드를 생성하였으며, 이것이 잘 동작하는지 확인하기 위해 PNET LAB이라고 하는 네트워크 시뮬레이터를 통해 동작을 검증하였다.

2. 실험의 수행

ChatGPT-4o에 아래와 같은 프롬프트를 입력하였습니다.

프롬프트	역할
당신은 라우터와 스위치를 설정하는 네트워크 엔지니어입니다.	GPT에 Personality를 네트워크 엔지니어로 부여 함.
라우터 R1 부터 R10까지 10개의 라우터를 가지고 있습니다.	라우터 생성
라우터의 정보는 다음과 같은 포맷으로 입력할 것입니다. 라우터 이름 {라우터 OS, Loopback IP, username, password} □	라우터 입력 형태 지정
R1{IOS-XR, 1.1.1.1/32, kreonet, *Kreonettemp} R2{IOS-XR, 2.2.2.2/32, kreonet, *Kreonettemp} ...(생략)	라우터 초기 세팅입력
각 라우터에 맞게 Hostname과 Loopback IP를 설정하고 username 을 이용해 사용자 계정을 생성 비밀번호는 password를 이용해 설정해 주십시오.	라우터 초기 세팅 수행 명령
라우터를 설정할 때는 라우터의 OS를 참조해서 명령어를 제시해 주십시오.	라우터 OS 지정

2025년도 한국통신학회 동계종합학술발표회

프롬프트	역할
각 라우터를 Eth0/0 번부터 Eth0/47 까지 48개의 SFP+ 인터페이스를 가지고 있습니다.	라우터 마다 인터페이스 생성
이제부터 라우터 R1과 라우터 R2의 연결은 {R1, R2}로 표현 해서 입력하겠습니다.	연결 생성 형태 지정
{R1, R2}, {R1, R3}, {R1, R5}, {R1, R6}, {R1, R7}, {R2, R4}, {R2, R5}, {R2, R6}, {R2, R7}, {R3, R4}, {R3, R8}, {R3, R9}, {R3, R10}, {R4, R8}, {R4, R9}, {R4, R10}	연결 생성
토폴로지를 시각화 주십시오.	
모든 명령어는 ios-xr 7.6.2을 사용하여 설정하여 주십시오.	IOS로 명령어를 생성하여 IOS-XR로 생성할 것을 지정
모든 라우터에 OSPF 프로세스를 활성화 시켜주십시오.	OSPF 프로세서 생성
우리는 192.168.100.0/24의 IP 대역을 가지고 있습니다. 각 라우터의 연결에 해당 IP를 자동으로 할당해 주십시오.	OSPF 네이버생성을 위해 인터페이스에 IP 자동 할당
passive-interface disable 설정은 지워주십시오.	필요없는 설정 삭제
각 라우터의 running config를 제공해 주십시오.	R1~R10 설정 확인
running config에 loopback IP 설정 부분이 안보입니다.	사라진 설정을 추가 요청
R1~R10의 설정을 IOS 버전으로 변경하여 주십시오.	OS 변경(IOS-XR→IOS)
이 IOS는 L2 스위치입니다. 인터페이스 입력 부분에서 입력이 되지 않습니다. 원인을 찾아 주십시오.	동작하지 않는 코드가 발생하여 재생성 요청
vlan을 사용하지 말고 no switchport를 사용하고 싶습니다.	ChatGPT-4o가 제시한 해결 방법 중 하나를 선택

위의 간단한 프롬프트를 통해서 라우터 10대의 IGP 설정 커멘드를 생성할 수 있었으며, 잘못된 설정 커멘드가 생성된 경우는 “IOS-XR 커멘드가 아닙니다.” “OSPF를 초기화 하여 주십시오.”와 같은 프롬프트를 통해 문제를 제기하거나, 초기화 하는 방법으로 문제를 해결했습니다. ChatGPT-4o는 적절한 해결책을 제시해 주었고, 이를 통해 문제를 대화형 프롬프트를 통해 문제를 해결 할 수 있었다.

3. 실험의 결과

ChatGPT-4o는 아래와 같은 R1~R10의 설정 코드를 생성해냈으며, 이것을 바로 라우터에 복사 붙여넣기 하여 동작할 수 있었다.

R1 설정	R2 설정
<pre>hostname R1 ! interface Eth0/0 ipv4 address 192.168.100.1 255.255.255.252 no shutdown ! interface Eth0/1 ipv4 address 192.168.100.5 255.255.255.252 no shutdown ! interface Eth0/2 ipv4 address 192.168.100.9 255.255.255.252 no shutdown ! interface Eth0/3 ipv4 address 192.168.100.13 255.255.255.252 no shutdown ! interface Eth0/4 ipv4 address 192.168.100.17 255.255.255.252 no shutdown ! router ospf 1 area 0 interface Eth0/0 interface Eth0/1 interface Eth0/2 interface Eth0/3 interface Eth0/4 ! commit</pre>	<pre>hostname R2 ! interface Loopback0 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255 ! interface Gi0/0/0 ip address 192.168.100.2 255.255.255.252 no shutdown ! interface Gi0/0/1 ip address 192.168.100.21 255.255.255.252 no shutdown ! interface Gi0/0/2 ip address 192.168.100.25 255.255.255.252 no shutdown ! interface Gi0/0/3 ip address 192.168.100.29 255.255.255.252 no shutdown ! interface Gi0/0/4 ip address 192.168.100.33 255.255.255.252 no shutdown ! router ospf 1 area 0 interface Loopback0 interface Gi0/0/0 interface Gi0/0/1 interface Gi0/0/2 interface Gi0/0/3 interface Gi0/0/4 ! commit</pre>

4. 실험의 검증

PNET LAB에서 10개의 IOS-XR을 동시에 동작시킬 수 없어 2대의 라우터를 생성하여 ChatGPT-4o가 생성한 설정을 복사하여 붙여넣은 후 링크가 잘 연결되었는지 ping 테스트를 진행하고 OSPF 네이버가 정상적으로 연결되었는지 OSPF를 통해 라우팅 정보가 잘 교환되었는지를 확인하였다.

```
RP/0/0/CPU0:R1#ping 192.168.100.2
Wed Jan  8 05:53:43.088 UTC
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.100.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/2/9 ms
```

그림 4. R1과 R2 사이의 ping 테스트 결과

```
RP/0/0/CPU0:R1#show ospf neighbor
Wed Jan  8 05:54:14.406 UTC

* Indicates MADJ interface
# Indicates Neighbor awaiting BFD session up

Neighbors for OSPF 1

Neighbor ID  Pri  State           Dead Time   Address        Interface
2.2.2.2      1    FULL/DR      00:00:36    192.168.100.2  GigabitEthernet0/0/0
Neighbor is up for 00:01:09

Total neighbor count: 1
```

그림 5. OSPF 네이버 생성 결과

```
RP/0/0/CPU0:R1#show ip route
Wed Jan  8 05:55:49.570 UTC

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP, (>) - Diversion path
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - ISIS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, su - IS-IS summary null, * - candidate default
U - per-user static route, o - ODR, L - local, G - DAGR, l - LISIP
A - access/subscriber, a - Application route
M - mobile route, r - RPL, t - Traffic Engineering, (!) - FRR Backup path

Gateway of last resort is not set

L  1.1.1.1/32 is directly connected, 00:06:45, Loopback0
O  2.2.2.2/32 [110/2] via 192.168.100.2, 00:02:44, GigabitEthernet0/0/0/0
C  192.168.100.0/30 is directly connected, 00:06:45, GigabitEthernet0/0/0/0
```

그림 6. OSPF를 통해 교환된 라우팅 확인 결과

OS를 IOS로 변경한 경우에도 위와 같은 동작들이 정상적으로 동작하는 것을 확인하였다.

III. 결론

본 연구는 대규모 언어 모델(LLM)을 활용하여 네트워크 설정을 도울 수 있는 것을 보여주었습니다. ChatGPT-4o와의 대화형 프롬프트를 통해 생성된 설정은 네트워크 시뮬레이터를 통해 검증되었으며, 모든 설정이 의도대로 작동함을 입증하였습니다. 이는 LLM이 네트워크 엔지니어링 작업의 생산성과 신뢰성을 크게 향상시킬 수 있는 가능성을 보여줍니다. 특히, 본 연구는 LLM을 활용하여 멀티 OS(iOS 및 IOS-XR) 환경에서의 네트워크 구성 마이그레이션을 성공적으로 수행하였으며, 이는 네트워크 관리 자동화 기술의 발전 가능성을 크게 확장시켰습니다. 앞으로의 연구에서는 실제 환경에서의 적용 가능성, 더 복잡한 네트워크 토폴로지 지원, 그리고 보안 요구사항을 포함한 다양한 과제를 다룰 필요가 있습니다. 이러한 추가 연구를 통해 LLM 기반 네트워크 자동화는 더욱 신뢰할 수 있는 도구로 자리 잡을 것으로 기대됩니다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년도 한국과학기술정보연구원(KISTI)의 기본사업으로 수행된 연구입니다.(과제번호: K24L4M1C1)

참 고 문 헌

- [1] Beni Ifland et al. " GeNet: A Multimodal LLM-Based Co-Pilot for Network Topology and Configuration", arXiv:2407.08249, Nov 2024
- [2] Amar et al., "An Adaptable AI Assistant for Network Management", NOMS 2024-2024 IEEE Network Operations and Management Symposium, July 2024
- [3] Changjie Wang et al. Shamir, A. "Making Network Configuration Human Friendly" arXiv:2309.06342, Sep 2024
- [4] Yudong Huang et al., "Large Language Models for Networking: Applications, Enabling Techniques, and Challenges", arXiv:2311.17474, Nov 2023
- [5] Daemen, J., and Rijmen, V. "AES Proposal: Rijndael, Version2.," Submission to NIST, March 1999.