

# 【홈네트워크 기술 조사 및 인터넷 성능 분석】

---



담당교수 최정열

성결대학교 컴퓨터공학과

송인회

송준용

양호철

2023. 11. 06

# 목 차

I. 본인 집에서 이용 중인 접속망 기술 조사	1
I.1 과업1(송인회)	1
I.1.1 네트워크 접속 기술 및 접속망의 특징	1
I.1.2 가정 내 네트워크 구성 정보	2
I.2 과업1(양호철)	3
I.2.1 네트워크 접속 기술 및 접속망의 특징	3
I.2.2 가정 내 네트워크 구성 정보	3
I.3 과업1(송준용)	4
I.3.1 네트워크 접속 기술 및 접속망의 특징	4
I.3.2 가정 내 네트워크 구성 정보	4
II. 같은 시간에 특정 웹사이트에 접속하여 네트워크 성능 평가	5
II.1 과업2(송인회)	5
II.1.1 내 PC에서 웹서버까지의 경로 정보 조사	6
II.1.2 패킷 손실, 지연 등 성능 분석	6
II.2 과업2(양호철)	6
II.2.1 내 PC에서 웹서버까지의 경로 정보 조사	6
II.2.2 패킷 손실, 지연 등 성능 분석	7
II.3 과업2(송준용)	7
II.3.1 내 PC에서 웹서버까지의 경로 정보 조사	8
II.3.2 패킷 손실, 지연 등 성능 분석	9
II.4 학생별 경로 정보 및 성능 차이 비교 분석	10
III.References	13

## 그림 목차

<그림 I -1> 관리사무소 MDF실 .....	1
<그림 I -2> 아파트 TPS실 .....	1
<그림 I -3> AON방식 구축 예시도 .....	1
<그림 I -4> PON방식 구축 예시도 .....	1
<그림 I -5> 집 네트워크 구성도 .....	2
<그림 I -6> 단자함 속 공유기 .....	2
<그림 I -7> 프롬프트 ipconfig/all 화면 .....	2
<그림 I -8> 인터넷 속도 .....	2
<그림 I -9> 가정 내 네트워크 구성도 .....	3
<그림 I -10> 가정 내 네트워크 구성도 .....	4
<그림 II -1> 구글 경로 추적(송인회) .....	5
<그림 II -2> 패킷손실, 지연 분석(송인회) .....	6
<그림 II -3> 구글 경로 추적(양호철) .....	6
<그림 II -4> 패킷손실, 지연 분석(양호철) .....	7
<그림 II -5> 구글 경로 추적(송준용) .....	7
<그림 II -6> 패킷손실, 지연 분석(송준용) .....	9
<그림 II -7> 구글 경로 추적(송인회) .....	10
<그림 II -8> 패킷손실, 지연 분석(송인회) .....	10
<그림 II -9> 구글 경로 추적(양호철) .....	10
<그림 II -10> 패킷손실, 지연 분석(양호철) .....	10
<그림 II -11> 구글 경로 추적(송준용) .....	11
<그림 II -12> 패킷손실, 지연 분석(송준용) .....	11
<그림 II -12> 패킷손실, 지연 분석(송준용) .....	11
<그림 II -13> 구글 경로 추적(2)(양호철) .....	12
<그림 II -14> 패킷손실, 지연 분석(2)(양호철) .....	12

## 표 목차

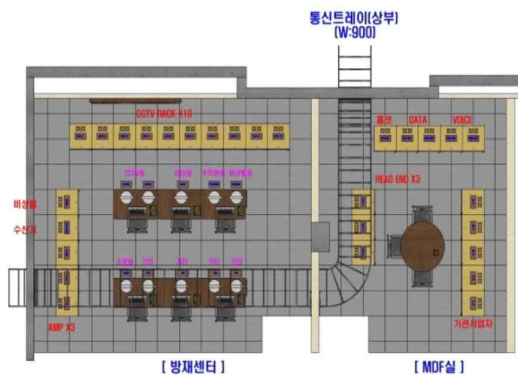
<표 II -1> 패킷 손실, 지연 결과 정리 .....	12
---------------------------------	----

# I. 본인 집에서 이용 중인 접속망 기술 조사

## I.1 과업1(송인회)

### I.1.1 네트워크 접속 기술 및 접속망의 특징

일반적인 아파트 가정 내에 네트워크 연결이 될 때 통신사(ISP)의 회선이 각 층으로 직접 분배되는 것이 아니고, 내부회선과 외부회선이 연결되는 MDF실로 KT, LG, SK등의 통신사 선로가 이곳으로 오면 전기관련 케이블과 장비가 머물거나 지나가는 공간인 EPS실이나 통신에 관련된 케이블,장비가 머물거나 지나가는 TPS실로 분배된다. 통신사 선로가 이곳까지 오면 이곳에서 각 가정으로 분배된다.

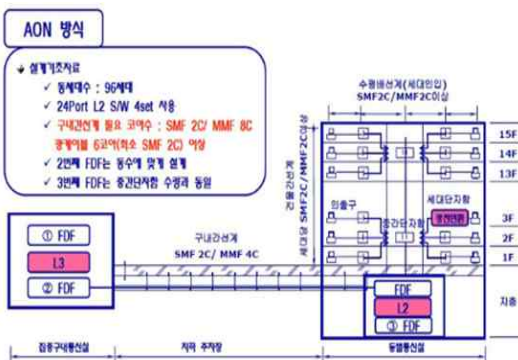


<그림 I -1> 관리사무소 MDF실

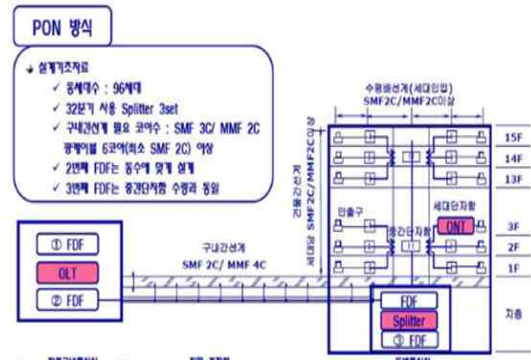


<그림 I -2> 아파트 TPS실

또한 현재 대부분의 아파트들은 집안까지 광 케이블을 가설하여 인터넷을 제공하는 서비스인 FTTH(Fiber To The Home)방식을 사용하며 FTTH의 하위기술로서는 크게 그림 I-3과 같은 AON방식과 그림 I-4와 같은 PON방식이 존재하는데 AON 방식은 가입자 지역 내의 적절한 위치에 이더넷 스위칭 기능을 수행하는 능동소자를 수용한 RN(Remote Node)을 배치하고, 이곳으로부터 각 가입자들에게 광케이블을 통해 연결하는 방식이고 PON 방식은 광케이블에 스플리터를 사용해 하나의 OLT(Optical Line Termination)가 여러 ONU(Optical Network Unit)를 접속할 수 있게 하는 방식이다. 필자가 살고있는 아파트 네트워크는 관리사무소에 있는 MDF실로 ISP의 회선들이 모여 동의 지하1층에 위치한 TPS실을 통하여 세대단자함까지 연결되며 FTTH방식의 하위 기술인 PON방식을 사용하는 것으로 확인된다.

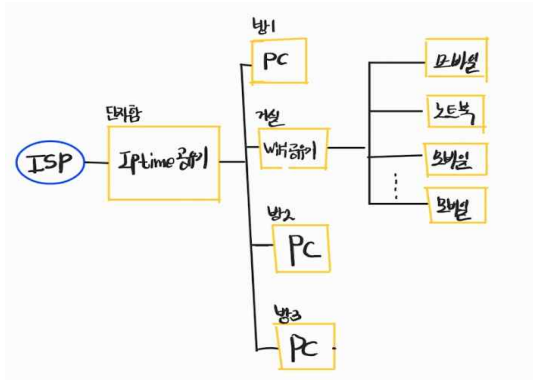


<그림 I -3> AON방식 구축 예시도



<그림 I -4> PON방식 구축 예시도

## I.1.2 가정 내 네트워크 구성 정보



<그림 I -5> 집 네트워크 구성도



<그림 I -6> 단자함 속 공유기

필자의 집은 SKT 100Mbps 인터넷을 사용하고 있으며 위의 그림 I -5와 같이 구성되어 있다. 일반적인 가정집은 단자함 속에 모뎀이 ISP와 연결이 되고 모뎀에서 공유기가 연결되지만, 필자의 단자함에서 모뎀을 사용하지 않은 이유는 110블럭으로 구성되어 있고 또한 220v 전원이 구성되어 있지 않아 단자함 바로 위에 위치한 분전함에서 220v 전원을 끌어와 메인 회선을 공유기로 연결하여 각 방의 포트에 연결시켰다. 그리고 거실에서의 벽면 포트에 와이파이 공유기를 연결하여 집 안에서의 무선 WIFI를 사용하고 있다.

```

무선 LAN 어댑터 Wi-Fi:
연결별 DNS 검사... :
설명... : Intel(R) Wi-Fi 6 AX201 160MHz
물리적 주소... : 34-C9-3D-92-41-2C
DHCP 사용... : 예
자동 구성 사용... : 예
링크-로컬 IPv6 주소... : fe80::831:1abb:5bb5:4bca%13(기본 설정)
IPv4 주소... : 192.168.1.102(기본 설정)
서브넷 마스크... : 255.255.255.0
임대 시작 날짜... : 2023년 11월 5일 일요일 오전 10:29:17
임대 만료 날짜... : 2023년 11월 5일 일요일 오후 12:29:17
기본 게이트웨이... : 192.168.1.1
DHCP 서버... : 192.168.1.1
DHCPv6 IAID... : 238340413
DHCPv6 클라이언트 DUID... : 00-01-00-01-27-86-DB-76-2C-F0-5D-6B-5C-DA
DNS 서버... : 192.168.1.1
Tcpip를 통한 NetBIOS... : 사용
  
```

<그림 I -7> 프롬프트 ipconfig/all 화면



<그림 I -8> 인터넷 속도

그림 I -7은 무선 LAN Wi-Fi에서 주소가 어떻게 할당받는지 확인하기 위해 명령 프롬프트에 ipconfig/all 명령어를 입력한 후의 화면이다. DHCP 서버를 통하여 IP 192.168.1.102를 할당 받았으며 임대 시작 날짜와 임대 만료 날짜가 존재한다. 또한 화면의 물리적 주소 34-C9-3D-92-41-2C 부분이 MAC 주소이며, MAC 주소는 물리적으로 네트워크 인터페이스 카드에 새겨진 고유한 식별자이며 일반적으로 변하지 않는다. 그림 I -8은 속도 측정 플랫폼 중 국내에 서버를 두고, 오랫동안 안정적으로 운영된 곳을 기준으로 벤치비를 기준으로 인터넷속도를 측정해보았다. 공유기의 5Ghz 주파수를 사용하여 측정하였고 결과는 다운로드 72.3Mbps, 업로드 94.9Mbps으로 확인됐다.

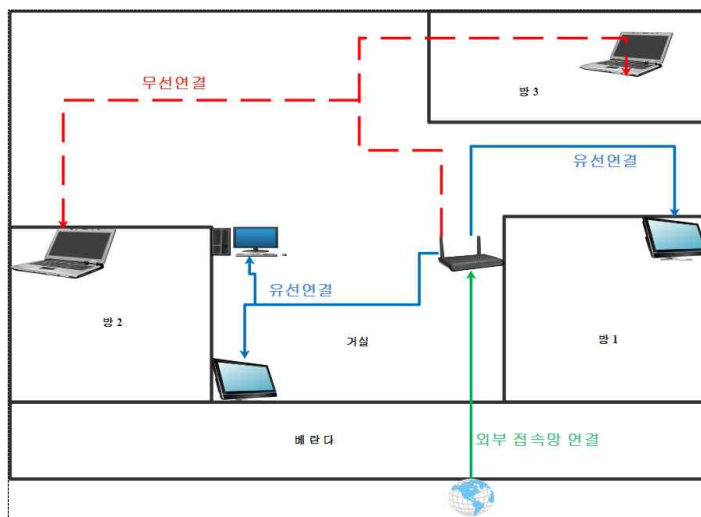
## I .2 과업1(양호철)

### I .2.1 네트워크 접속 기술 및 접속망의 특징

인터넷 서비스 제공자는 skt이고 최대 100Mbps의 대역폭을 제공하는 광랜인터넷 요금제를 사용 중이다. 광케이블이 각 가정으로 도달하는 FTTH방식 대신 광케이블이 외부에서 아파트 단지까지 도달하고 각 가정에 이더넷 케이블을 통해 패킷을 분배하는 FTTB방식을 사용중인 것으로 보인다. 가정 내에선 공유기를 통해 유선연결과 무선연결을 할 수 있다. 유선 연결 시, 각 호스트에 이더넷 케이블을 통해 연결하고 무선 연결 시, 공유기는 2.4GHz와 5GHz의 주파수를 갖는 신호를 동시에 발산하며 사용자는 상황에 따라 이 중 하나를 선택해 인터넷에 연결할 수 있다. 각각의 주파수는 장단점을 갖는데, 2.4GHz는 상대적으로 적은 양의 데이터를 수용하지만 복잡한 구조에서 신호를 상대적으로 멀리 보낼 수 있고, 5GHz는 한 번에 많은 양의 데이터를 수용하는 대신 2.4GHz만큼 멀리 신호를 보낼 수는 없다.

### I .2.2 가정 내 네트워크 구성 정보

아래 그림과 같이 거실의 데스크탑 PC와 TV, 방1의 TV가 공유기 모뎀과 유선으로 직접 연결되고, 방2와 방3의 노트북이 무선으로 연결된다.



<그림 I -9> 가정 내 네트워크 구성도

인터넷 접속 속도 및 주소로써는 한국 지능정보사회 지능원 사이트에서 네트워크 속도를 측정한 결과 공유기와 유선 연결되는 거실 데스크탑 PC의 다운로드 속도, 업로드 속도, 지연시간은 각각 96Mbps, 97Mbps, 2.5ms이고 방3에서 무선 연결되는 노트북은 각각 76Mbps, 63Mbps, 4.2ms로 유선 연결과 무선 연결 사이의 성능차이는 평균 약 30% 차이를 보인다. 공유기에 할당되는 공용 아이피는 명령 프롬프트에서 `nslookup myip.opendns.comresolver1.opendns.com` 명령어를 입력했을 때 서로 동일한것을 확인할 수 있고 `ipconfig /all`명령어를 통해 해당 pc의 물리적 주소와 가정 내에서 공유기(DHCP server)가 할당하는 ip주소를 확인할 수 있다.

## I.3 과업1(송준용)

### I.3.1 네트워크 접속 기술 및 접속망의 특징

현재 본인 집의 네트워크 ISP는 SK브로드밴드이며, 상품명은 '광랜 인터넷'이다. 본 상품의 특징은 다운로드와 업로드속도가 100Mbps이며 대칭형이다. 네트워크 서비스의 방식은 FTTx ( $x = N / C / B / H$ )이며 집 내부까지 광섬유가 들어오기 때문에 FTTH(Home) 방식으로 볼 수 있다. FTTH는 'Fiber To The Home'의 약자이다. 주요 장점으로 높은 속도, 낮은 지연 시간, 높은 신뢰성, 대역폭 공유 등이 있으며 단점으로는 높은 설치비용, 유지 보수 및 수리, 호환성 문제 등이 있다. WIFI 공유기는 2.4GHz와 5GHz를 지원하고 있다. 2.4GHz는 저주파이고, 5GHz는 고주파이지만 장애물에 약하다는 단점이 있다. 다만, 고주파이기 때문에 더 높은 속도를 지원한다. L3 Router - L2 Router - RN - 각 층 단자함 - 세대 단자함 - 벽 - 집 이 순서는 집까지의 접속망 구간이다. L3 라우터는 통신국사의 라우터이다. L3 라우터에서 아파트 관리소의 L2 라우터로 연결이된다. L2 라우터는 RN을 거쳐 아파트의 각 층과 각 세대로 전달이 된다. 통신사에서 집까지 모든 과정에서 광섬유가 사용된다.

### I.3.2 가정 내 네트워크 구성 정보



<그림 I-10> 가정 내 네트워크 구성도

우리 집의 네트워크 구성도이다. 장비는 4인 가구이며 휴대폰(4), 노트북(5), 데스크톱(2), 테블릿(3) 총 14개의 무선 장비를 사용중이다. 본인이 소유한 장비에 한해 네트워크의 연결 정보를 조사하였다. MacBook Pro M2 하드웨어에서 Mac = 9c:3e:53:85:01:6a, DHCP, 2.4GHz, 다운로드 = 31.29Mbps, 업로드 = 36.7Mbps, 지연 = 38ms, 손실 = 0이고 iPhone 13 하드웨어에서는 MAC = B0:67:B5:B5:56:E4, DHCP, 2.4GHz, 다운로드 = 8.92Mbps, 업로드 = 31.38Mbps 지연 = 16.8ms, 손실 = 0로 조사하였다. 홈 네트워크 서비스는 100Mbps까지 지원하지만 그보다 훨씬 못 미치는 결과가 나왔다. 그 이유로는 유선 연결이 아닌 무선 연결로 했기 때문과 공유기의 노화가 있었을 것이다. 또한, 가정에서 사용하는 IOT 장비의 이유도 있었을 것이다. 내가 사는 집의 네트워크이지만 자세한 것을 알기는 정말 어려웠다. 선배의 조언으로 서비스 기술센터에 전화해 많은 도움을 얻을 수 있었다. 하지만 전화에서 모든 대답을

들을 수는 없었다. 이 과제로 인해 누군가가 우리 집에서 사용하는 네트워크에 관해서 질문한다면 어느 정도 원하는 답변을 제공할 수 있게 되었다.

## Ⅱ. 같은 시간에 특정 웹사이트에 접속하여 네트워크 성능 평가

### Ⅱ.1 과업2(송인회)

#### Ⅱ.1.1 내 PC에서 웹서버까지의 경로 정보 조사

```
C:\Users\user>tracert www.google.com

최대 30홉 이상의
www.google.com [172.217.161.228](으)로 가는 경로 추적:

  1   1 ms    1 ms    1 ms  192.168.1.1
  2   *      *      *      요청 시간이 만료되었습니다.
  3   1 ms    1 ms    1 ms  100.67.2.217
  4   2 ms    1 ms    1 ms  10.70.3.4
  5   5 ms    15 ms   7 ms   10.222.35.44
  6   2 ms    2 ms    2 ms   10.222.8.191
  7  34 ms    34 ms   34 ms  142.250.162.182
  8  34 ms    34 ms   34 ms  108.170.242.193
  9  33 ms    33 ms   33 ms  108.170.242.206
 10  33 ms    34 ms   33 ms  64.233.175.137
 11  72 ms   119 ms  209 ms  142.250.58.20
 12  35 ms    35 ms   35 ms  108.170.243.65
 13  35 ms    35 ms   36 ms  64.233.175.247
 14  35 ms    34 ms   34 ms  kix06s05-in-f4.1e100.net [172.217.161.228]

추적을 완료했습니다.
```

<그림 Ⅱ-1> 구글 경로 추적(송인회)

tracert 명령어를 이용하여 23년11월5일 23시03분에 www.google.com호스트에 도달할 때까지 통과하는 경로의 정보와 각 경로에서의 지연 시간을 추적하였다. tracert 명령어는 Probe Packet을 보내, TTL을 높여 가면서 경로를 파악하는 방법이다. 그림 Ⅱ-1을 보면 본인 컴퓨터와 구글 서버 사이에는 총 14개의 호스트가 존재한다. 1번째 홉은 로컬 라우터에 연결되고 2번째 홉에서는 응답이 없었다. 3번째 홉의 외부 라우터 도메인을 WHOIS에 입력한 결과 <https://www.iana.org/>라는 DNS서버가 확인되었다. 6번째까지의 홉을 거쳐 7번째 홉에서 전과 비교하였을 때 지연율이 발생한 이유는 WHOIS의 검색결과 7번째 홉부터 Google서버와 관련된 라우터에 도착한 것이 이유로 추측된다. 7번째 홉부터 13번째 홉까지 모두 구글과 관련된 라우터들이고 14번째 홉은 구글서버에 도착했음을 확인할 수 있다.

#### Ⅱ.1.2 패킷 손실, 지연 등 성능 분석



```

C:\Users\user>ping www.google.com

Ping www.google.com [172.217.25.164] 32바이트 데이터 사용:
172.217.25.164의 응답: 바이트=32 시간=35ms TTL=57
172.217.25.164의 응답: 바이트=32 시간=36ms TTL=57
172.217.25.164의 응답: 바이트=32 시간=35ms TTL=57
172.217.25.164의 응답: 바이트=32 시간=36ms TTL=57

172.217.25.164에 대한 Ping 통계:
    패킷: 보냄 = 4, 받음 = 4, 손실 = 0 (0% 손실),
    왕복 시간(밀리초):
        최소 = 35ms, 최대 = 36ms, 평균 = 35ms

C:\Users\user>

```

<그림 II -2> 패킷손실, 지연 분석(송인희)

ping 명령어를 이용하여 23년11월5일 23시05분에 구글 호스트까지의 패킷손실 및 지연을 분석해보았다. 32바이트인 패킷의 왕복 시간이 36ms로 확인되었다. 4개의 패킷을 보내 4개의 패킷을 정상적으로 수신하였고 평균 패킷 왕복 시간은 35ms였다. 패킷 손실이 0%로 손실된 패킷은 없는 것으로 확인하였다.

## II.2 과업2(양호철)

### II.2.1 내 PC에서 웹서버까지의 경로 정보 조사

미국에 위치한 회사인 google의 웹사이트 google.com으로의 패킷 경로를 분석함 IP 검색을 통해 각 라우터의 실제 위치는 확인할 수 없으나 인터넷 주소 관리기관인 한국 인터넷진흥원이 제공하는 인터넷 주소 정보 검색 서비스인 후이즈 검색에서 ip를 관리하는 관리자의 정보를 제공하므로 경유지들의 대략적인 위치를 예상해 볼 수 있다.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

1      8 ms      2 ms      2 ms      192.168.0.1
2      4 ms      5 ms      4 ms      49.171.131.1
3      4 ms      13 ms     3 ms      10.205.1.205
4      41 ms     485 ms    302 ms     1.209.32.109
5      *        *        *          요청 시간이 만료되었습니다.
6      *        *        458 ms    1.213.152.189
7     1195 ms     5 ms      93 ms      1.213.113.41
8     1451 ms    509 ms    100 ms      61.42.202.94
9      108 ms     100 ms    100 ms      61.43.220.22
10     416 ms     408 ms    509 ms      142.250.168.244
11     602 ms     140 ms    164 ms      72.14.233.125
12    1408 ms     510 ms    102 ms      216.239.47.17
13    1523 ms     101 ms    305 ms      hkg07s24-in-f14.1e100.net [172.217.25.14]

추적을 완료했습니다.

```

<그림 II -3> 구글 경로 추적(양호철)

후이즈 검색을 통해 ip 주소에 대한 정보를 확인한 결과 10.\*.\*.\*, 172.16.\*.\* ~ 172.31.\*.\*, 192.168.\*.\*에 해당하는 ip를 가진 장치는 사설 ip 주소로, 소유자의 정보가 검색되지 않는 것을 확인했고 사설 ip에 해당하는 1, 3번 홑을 제외한 2, 4, 6, 7, 8, 9번 홑은 LG가, 10, 11, 12, 13번 홑은 google이 각각 ip 주소를 할당받아서 관리하는 것을 확인했다.

## II.1.2 패킷 손실, 지연 등 성능 분석

```
C:\Users\hoche>ping google.com

Ping google.com [142.251.220.110] 32바이트 데이터 사용:
142.251.220.110의 응답: 바이트=32 시간=705ms TTL=113
142.251.220.110의 응답: 바이트=32 시간=108ms TTL=113
142.251.220.110의 응답: 바이트=32 시간=119ms TTL=113
142.251.220.110의 응답: 바이트=32 시간=124ms TTL=113

142.251.220.110에 대한 Ping 통계:
    패킷: 보냄 = 4, 받음 = 4, 손실 = 0 (0% 손실),
    왕복 시간(밀리초):
        최소 = 108ms, 최대 = 705ms, 평균 = 264ms
```

<그림 II-4> 패킷손실, 지연 분석(양호철)

ping 명령어를 통해 확인한 결과 목적지로의 패킷 손실은 발생하지 않았지만 중간 경유지인 5번과 6번 홑에서 패킷 손실이 발생했고 4번, 7번 홑에서 급격한 지연 증가가 발생했다. 1번 부터 3번 홑을 제외한 거의 모든 패킷의 응답시간이 적게는 100ms부터 크게는 1500ms를 넘는 지연이 발생한 것을 확인했고 이러한 지연의 발생 원인을 찾기 위해 약 3시간의 간격을 두고 ip주소를 입력함으로써 같은 책임 DNS로의 패킷 전달 시간을 측정했다.

## II.3 과업2(송준용)

### II.3.1 내 PC에서 웹서버까지의 경로 정보 조사

```
> traceroute google.com
traceroute to google.com (172.217.25.174), 64 hops max, 52 byte packets
 1 192.168.0.1 (192.168.0.1) 5.728 ms 6.136 ms 3.853 ms
 2 192.168.25.1 (192.168.25.1) 5.187 ms 6.547 ms 4.578 ms
 3 58.236.213.1 (58.236.213.1) 9.840 ms 7.378 ms *
 4 * * *
 5 * 10.72.254.70 (10.72.254.70) 19.982 ms
   10.72.254.110 (10.72.254.110) 6.177 ms
 6 * * *
 7 * * *
 8 72.14.196.26 (72.14.196.26) 50.646 ms
   142.250.162.182 (142.250.162.182) 41.655 ms *
 9 * * *
10 * * 64.233.174.192 (64.233.174.192) 43.490 ms
11 108.170.242.166 (108.170.242.166) 45.746 ms * *
12 * * *
13 * 142.250.58.92 (142.250.58.92) 50.711 ms 42.868 ms
14 * * *
15 * * *
16 kix06s19-in-f14.1e100.net (172.217.25.174) 48.985 ms
   108.170.243.65 (108.170.243.65) 60.308 ms *
```

<그림 II-5> 구글 경로 추적(송준용)

1번째 라우터 192.168.0.1에서는 관리자 정보를 확인할 수 없으며, 로컬 네트워크의 게이트웨이로 추정된다. 로컬 컴퓨터(192.168.0.1)에서 출발하여 192.168.0.1로의 RTT는 5.728ms, 6.136ms, 3.853ms이다. 2번째 라우터 192.168.25.1에서는 관리자 정보를 확인할 수 없으며, 로컬 네트워크의 라우터로 추정된다. 로컬 네트워크의 게이트웨이(192.168.25.1)로의 RTT는 5.187ms, 6.547ms, 4.578ms이다. 3번째 라우터 58.236.213.1에서는 관리자 정보를 확인할 수 없으며, ISP(Internet Service Provider)의 라우터로 추정된다. IP 주소 58.236.213.1로의 RTT는 9.840ms와 7.378ms이다. 세 번째 응답은 받지 못했다. 4번째 라우터에서는 해당 홉의 관리자 정보를 확인할 수 없으며, 응답이 없는 것으로 나타난다. 5번째 라우터 10.72.254.70: 관리자 정보를 확인할 수 없으며, 내부 네트워크의 라우터로 추정된다. 첫 번째 응답을 받지 못했으며, 두 번째 응답은 IP 주소 10.72.254.70에서 19.982ms의 RTT이다. 세 번째 응답은 IP 주소 10.72.254.110에서 6.177ms의 RTT이다. 6번째 라우터에서는 해당 홉의 관리자 정보를 확인할 수 없으며, 응답이 없는 것으로 나타난다. 7번째 라우터에서는 해당 홉의 관리자 정보를 확인할 수 없으며, 응답이 없는 것으로 나타난다. 8번째 라우터 72.14.196.26에서는 관리자 정보를 확인할 수 없으며, Google의 라우터로 추정된다. 첫 번째 응답은 IP 주소 72.14.196.26에서 50.646ms의 RTT이다. 두 번째 응답은 IP 주소 142.250.162.182에서 41.655ms의 RTT이다. 세 번째 응답은 받지 못했다. 9번째 라우터 142.250.162.182에서는 관리자 정보를 확인할 수 없으며, Google의 라우터로 추정된다. 10번째 라우터 64.233.174.192에서는 관리자 정보를 확인할 수 없으며, Google의 라우터로 추정된다. 첫 번째와 두 번째 응답을 받지 못했으며, 세 번째 응답은 IP 주소 64.233.174.192에서 43.490ms의 RTT이다. 11번째 라우터 108.170.242.166에서는 관리자 정보를 확인할 수 없으며, Google의 라우터로 추정된다. 첫 번째 응답은 IP 주소 108.170.242.166에서 45.746ms의 RTT입니다. 두 번째와 세 번째 응답은 받지 못했다. 12번째 라우터에서는 해당 홉의 관리자 정보를 확인할 수 없으며, 응답이 없는 것으로 나타난다. 13번째 라우터 142.250.58.92에서는 관리자 정보를 확인할 수 없으며, Google의 라우터로 추정된다. 첫 번째 응답은 IP 주소 142.250.58.92에서 50.711ms의 RTT이다. 두 번째 응답은 42.868ms의 RTT이다. 세 번째 응답은 받지 못했다. 14번째 라우터에서는 해당 홉의 관리자 정보를 확인할 수 없으며, 응답이 없는 것으로 나타난다. 15번째 라우터에서는 해당 홉의 관리자 정보를 확인할 수 없으며, 응답이 없는 것으로 나타난다. 16번째 라우터 kix06s19-in-f14.1e100.net (172.217.25.174)에서는 관리자 정보를 확인할 수 없으며, Google의 서버로 추정된다. 첫 번째 응답은 호스트 이름 kix06s19-in-f14.1e100.net과 IP 주소 172.217.25.174에서 48.985ms의 RTT이다. 두 번째 응답은 IP 주소 108.170.243.65에서 60.308ms의 RTT이다. 세 번째 응답은 받지 못했다.

## II.3.2 패킷 손실, 지연 등 성능 분석

```
> ping google.com
PING google.com (142.250.206.238): 56 data bytes
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=0 ttl=56 time=41.392 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=1 ttl=56 time=50.576 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=2 ttl=56 time=48.631 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=3 ttl=56 time=50.493 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=4 ttl=56 time=51.820 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=5 ttl=56 time=45.525 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=6 ttl=56 time=49.002 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=7 ttl=56 time=51.714 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=8 ttl=56 time=55.525 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=9 ttl=56 time=43.368 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=10 ttl=56 time=48.898 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=11 ttl=56 time=50.907 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=12 ttl=56 time=41.972 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=13 ttl=56 time=52.620 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=14 ttl=56 time=50.161 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=15 ttl=56 time=51.612 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=16 ttl=56 time=53.159 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=17 ttl=56 time=52.033 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=18 ttl=56 time=51.927 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=19 ttl=56 time=51.365 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=20 ttl=56 time=51.056 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=21 ttl=56 time=48.354 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=22 ttl=56 time=56.643 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=23 ttl=56 time=51.477 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=24 ttl=56 time=51.176 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=25 ttl=56 time=56.252 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=26 ttl=56 time=50.610 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=27 ttl=56 time=49.372 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=28 ttl=56 time=53.049 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=29 ttl=56 time=52.010 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=30 ttl=56 time=49.191 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=31 ttl=56 time=44.143 ms
^C
--- google.com ping statistics ---
32 packets transmitted, 32 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 41.392/50.189/56.643/3.590 ms
```

<그림 II -6> 패킷손실, 지연 분석(송준용)

32 packets transmitted, 32 packets received, 0.0% packet loss: 총 32개의 패킷을 전송하였고, 32개의 패킷을 정상적으로 수신하였으며, 패킷 손실은 0.0%이다. round-trip min/avg/max/stddev = 41.392/50.189/56.643/3.590 ms: 패킷의 왕복 시간(min/avg/max/stddev)이 각각 41.392ms, 50.189ms, 56.643ms, 3.590ms이다. 이는 패킷의 왕복 시간의 최소, 평균, 최대, 표준 편차값을 나타낸다. 패킷 손실에서는 총 32개의 패킷을 전송하고 모두 정상적으로 수신한 것으로 나타났다. 이는 호스트와의 네트워크 연결이 안정적이며, 패킷이 손실되지 않고 목적지로 전달되었다는 것을 의미한다. 응답 시간: 패킷의 왕복 시간(RTT)은 최소 41.392ms, 평균 50.189ms, 최대 56.643ms, 표준 편차 3.590ms이다. 이를 통해 호스트인 google.com과의 통신에서 응답 시간이 평균적으로 50ms 정도 소요되며, 최소 응답 시간은 41.392ms, 최대 응답 시간은 56.643ms라는 것을 알 수 있다. 표준 편차는 응답 시간의 변동 정도를 나타내는데, 3.590ms로서 일정한 응답 시간을 유지하고 있음을 알 수 있다. 이 정보를 종합적으로 평가하면, google.com과의 네트워크 연결은 안정적이며 응답 시간도 일정하게 유지되고 있다.

## II.4 학생별 경로 정보 및 성능 차이 비교 분석

```
C:\Users\user>tracert www.google.com

최대 30홉 이상의
www.google.com [172.217.161.228](으)로 가는 경로 추적:

 1  1 ms    1 ms    1 ms  192.168.1.1
 2  *      *      *      요청 시간이 만료되었습니다.
 3  1 ms    1 ms    1 ms  100.67.2.217
 4  2 ms    1 ms    1 ms  10.70.3.4
 5  5 ms    15 ms   7 ms  10.222.35.44
 6  2 ms    2 ms    2 ms  10.222.8.191
 7  34 ms   34 ms   34 ms  142.250.162.182
 8  34 ms   34 ms   34 ms  108.170.242.193
 9  33 ms   33 ms   33 ms  108.170.242.206
10  33 ms   34 ms   33 ms  64.233.175.137
11  72 ms   119 ms  209 ms  142.250.58.20
12  35 ms   35 ms   35 ms  108.170.243.65
13  35 ms   35 ms   36 ms  64.233.175.247
14  35 ms   34 ms   34 ms  kix06s05-in-f4.1e100.net [172.217.161.228]

추적을 완료했습니다.
```

<그림 II -7> 구글 경로 추적(송인회)

```
C:\Users\user>ping www.google.com

Ping www.google.com [172.217.25.164] 32바이트 데이터 사용:
172.217.25.164의 응답: 바이트=32 시간=35ms TTL=57
172.217.25.164의 응답: 바이트=32 시간=36ms TTL=57
172.217.25.164의 응답: 바이트=32 시간=35ms TTL=57
172.217.25.164의 응답: 바이트=32 시간=36ms TTL=57

172.217.25.164에 대한 Ping 통계:
    패킷: 보냄 = 4, 받음 = 4, 손실 = 0 (0% 손실),
    왕복 시간(밀리초):
        최소 = 35ms, 최대 = 36ms, 평균 = 35ms

C:\Users\user>
```

<그림 II -8> 패킷손실, 지연 분석(송인회)

23년 11월 5일 23시 03분 송인회의 ping 결과 패킷 손실에서 패킷을 총 4개 전송하였고, 모두 정상적으로 수신한 것으로 나타났다. 패킷 손실은 0%이다. 응답 시간에서는 응답 시간의 최소값은 35ms, 최대값은 36ms, 평균값은 35ms이다. 이를 통해 www.google.com으로의 응답 시간이 일정한 범위 내에서 변동이 있으며, 평균적으로 35ms로 소요되는 것을 알 수 있다.

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

1  8 ms    2 ms    2 ms  192.168.0.1
2  4 ms    5 ms    4 ms  49.171.131.1
3  4 ms    13 ms   3 ms  10.205.1.205
4  41 ms   405 ms  302 ms  1.209.32.109
5  *      *      *      요청 시간이 만료되었습니다.
6  *      *      458 ms  1.213.152.189
7  1195 ms  5 ms     93 ms  1.213.113.41
8  1451 ms  509 ms   100 ms  61.42.202.94
9  108 ms   100 ms   100 ms  61.43.220.22
10 416 ms   408 ms   509 ms  142.250.168.244
11 602 ms   140 ms   164 ms  72.14.233.125
12 1408 ms  510 ms   102 ms  216.239.47.17
13 1523 ms  101 ms   305 ms  hkg07s24-in-f14.1e100.net [172.217.25.14]

추적을 완료했습니다.
```

<그림 II -9> 구글 경로 추적(양호철)

```
C:\Users\whoche>ping google.com

Ping google.com [142.251.220.110] 32바이트 데이터 사용:
142.251.220.110의 응답: 바이트=32 시간=705ms TTL=113
142.251.220.110의 응답: 바이트=32 시간=108ms TTL=113
142.251.220.110의 응답: 바이트=32 시간=119ms TTL=113
142.251.220.110의 응답: 바이트=32 시간=124ms TTL=113

142.251.220.110에 대한 Ping 통계:
    패킷: 보냄 = 4, 받음 = 4, 손실 = 0 (0% 손실),
    왕복 시간(밀리초):
        최소 = 108ms, 최대 = 705ms, 평균 = 264ms
```

<그림 II -10> 패킷손실, 지연 분석(양호철)

23년 11월 5일 23시 03분 양호철의 ping 결과 패킷 손실에서 패킷을 총 4개 전송하였고, 모두 정상적으로 수신한 것으로 나타났다. 따라서 패킷 손실은 0%이다. 응답 시간에서는 응답 시간의 최소값은 108ms, 최대값은 705ms, 평균값은 264ms이다. 이를 통해 www.google.com으로의 응답 시간이 다소 변동이 있으며, 평균적으로 264ms 소요되는 것을 알 수 있다.



```
> traceroute google.com
traceroute to google.com (172.217.25.174), 64 hops max, 52 byte packets
 1 192.168.0.1 (192.168.0.1) 5.728 ms 6.136 ms 3.853 ms
 2 192.168.25.1 (192.168.25.1) 5.187 ms 6.547 ms 4.578 ms
 3 58.236.213.1 (58.236.213.1) 9.840 ms 7.378 ms *
 4 ***
 5 * 10.72.254.70 (10.72.254.70) 19.982 ms
   10.72.254.110 (10.72.254.110) 6.177 ms
 6 ***
 7 ***
 8 72.14.196.26 (72.14.196.26) 50.646 ms
   142.250.162.182 (142.250.162.182) 41.655 ms *
 9 ***
10 * 64.233.174.192 (64.233.174.192) 43.490 ms
11 108.170.242.166 (108.170.242.166) 45.746 ms *
12 ***
13 * 142.250.58.92 (142.250.58.92) 50.711 ms 42.868 ms
14 ***
15 ***
16 kix06s19-in-f14.1e100.net (172.217.25.174) 48.985 ms
   108.170.243.65 (108.170.243.65) 60.308 ms *
```

<그림 II-11> 구글 경로 추적(송준용)

```
> ping google.com
PING google.com (142.250.206.238): 56 data bytes
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=0 ttl=56 time=41.392 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=1 ttl=56 time=50.576 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=2 ttl=56 time=48.631 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=3 ttl=56 time=50.493 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=4 ttl=56 time=51.820 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=5 ttl=56 time=45.525 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=6 ttl=56 time=49.002 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=7 ttl=56 time=51.714 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=8 ttl=56 time=55.525 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=9 ttl=56 time=43.368 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=10 ttl=56 time=48.898 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=11 ttl=56 time=50.907 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=12 ttl=56 time=41.972 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=13 ttl=56 time=52.620 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=14 ttl=56 time=50.161 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=15 ttl=56 time=51.612 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=16 ttl=56 time=53.159 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=17 ttl=56 time=52.033 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=18 ttl=56 time=51.927 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=19 ttl=56 time=51.365 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=20 ttl=56 time=51.056 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=21 ttl=56 time=48.354 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=22 ttl=56 time=56.643 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=23 ttl=56 time=51.477 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=24 ttl=56 time=51.176 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=25 ttl=56 time=56.252 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=26 ttl=56 time=50.610 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=27 ttl=56 time=49.372 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=28 ttl=56 time=53.049 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=29 ttl=56 time=52.010 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=30 ttl=56 time=49.191 ms
64 bytes from 142.250.206.238: icmp_seq=31 ttl=56 time=44.143 ms
^C
--- google.com ping statistics ---
32 packets transmitted, 32 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 41.392/50.189/56.643/3.590 ms
```

<그림 II-12> 패킷손실, 지연 분석(송준용)

23년 11월 5일 23시 03분 송준용의 ping 결과 패킷 손실에서 패킷을 총 32개 전송하였고, 모두 정상적으로 수신한 것으로 나타났다. 따라서 패킷 손실은 0%이다. 응답 시간에서는 응답 시간의 최소값은 41.392ms, 최대값은 56.643ms, 평균값은 50.189ms이다. 이를 통해 www.google.com으로의 응답 시간이 다소 변동이 있으며, 평균적으로 50.189ms 소요되는 것을 알 수 있다.

Ping결과를 비교해보면, 패킷 손실은 모두 0%로 안정적인 연결이 이루어진 것으로 나타난다. 응답 시간의 경우, 송인회의 결과는 평균 35ms, 양호철의 결과는 평균 264ms, 송준용의 결과는 평균 50.189ms로 송인회, 송준용, 양호철 순서로 응답 시간이 빠른 것을 알 수 있다. 그리고 trace route 결과를 비교해보면, 일부 홉에서의 IP 주소와 관리자 정보가 다른 것을 알 수 있다. 송인회의 결과에서는 100.67.2.217, 142.250.162.182 등이 관리자 정보를 확인할 수 없고, 양호철의 결과에서는 58.236.213.1, 72.14.196.26, 송준용의 결과에서는 49.171.13.1.1, 1.213.152.189 등이 관리자 정보를 확인할 수 없다. 그리고 마지막 라우터까지의 경로도 다소 다른 것을 알 수 있다. 송인회 결과에서는 kix06s05-in-f4.1e100.net [172.217.161.228]로 나타나고, 양호철의 결과에서는 kix06s19-in-f14.1e100.net[172.217.25.174], 송준용의 결과에서 kix06s19-in-f14.1e100.net [172.217.25.174]가 나타난다. 종합적으로 비교하자면 송인회, 송준용, 양호철 순서로 네트워크 성능이 높음을 알 수 있다.

	송인회	양호철	송준용
패킷1 왕복시간	35ms	705ms	41ms
패킷2 왕복시간	36ms	108ms	50ms

패킷3 왕복시간	35ms	119ms	48ms
패킷4 왕복시간	36ms	124ms	50ms
최소 왕복 시간	35ms	108ms	41ms
최대 왕복 시간	36ms	705ms	50ms
평균 왕복 시간	35ms	264ms	47ms
TTL	57	113	56
패킷 손실	0%	0%	0%

<표 II-1> 패킷 손실, 지연 결과 정리

표 II-1은 패킷 손실, 지연 결과를 정리한 것이다. 유독 양호철 학우의 패킷 왕복시간이 매우 크게 차이가 났는데 그 이유를 분석해보았다.

```
C:\Users\whoche>tracert 172.217.25.14
최대 30홉 이상의
hkg12s35-in-f14.1e100.net [172.217.25.14](으)로 가는 경로 추적:

 1  2 ms    2 ms    2 ms  192.168.0.1
 2  *      15 ms   47 ms  49.171.131.1
 3  6 ms    4 ms    4 ms  10.205.1.205
 4  3 ms    3 ms    3 ms  1.209.32.109
 5  *      *      *      요청 시간이 만료되었습니다.
 6  *      *      *      요청 시간이 만료되었습니다.
 7  7 ms    5 ms    4 ms  1.213.113.41
 8  60 ms   59 ms   59 ms  61.42.202.94
 9  83 ms   84 ms   83 ms  61.43.220.22
10  61 ms   60 ms   60 ms  142.250.168.244
11  64 ms   59 ms   60 ms  72.14.233.125
12  81 ms   79 ms   85 ms  216.239.47.17
13  59 ms   74 ms   66 ms  hkg12s35-in-f14.1e100.net [172.217.25.14]

추적을 완료했습니다.
```

<그림 II-13> 구글 경로 추적(2)(양호철)

```
C:\Users\whoche>ping 142.251.220.110

Ping 142.251.220.110 32바이트 데이터 사용:
142.251.220.110의 응답: 바이트=32 시간=72ms TTL=113
142.251.220.110의 응답: 바이트=32 시간=70ms TTL=113
142.251.220.110의 응답: 바이트=32 시간=62ms TTL=113
142.251.220.110의 응답: 바이트=32 시간=61ms TTL=113

142.251.220.110에 대한 Ping 통계:
    패킷: 보냄 = 4, 받음 = 4, 손실 = 0 (0% 손실),
    왕복 시간(밀리초):
        최소 = 61ms, 최대 = 72ms, 평균 = 66ms
```

<그림 II-14> 패킷손실, 지연 분석(2)(양호철)

11월 05일 14시 42분에 측정한 양호철 학우의 구글 경로 추적과 패킷손실, 지연 분석 화면이다. ping 명령어를 통해 패킷손실이 발생하지 않는 것을 확인했고 이전과는 다르게 ip주소 1.213.152.189를 사용하는 경유지에 대한 패킷이 추가로 손실된 것을 확인했다. 이를 통해 1.209.32.109와 1.213.113.41의 ip를 사용하는 경유지 사이의 라우터에서 ICMP 패킷에 대해 응답하지 않는 이유를 생각해봤을 때 보안과 관련하여 icmp 패킷에 대한 응답을 거부하는 경우, 혹은 유독 혼잡한 라우터로 우선순위가 낮은 icmp 패킷이 손실되는 경우 두가지 가능성이 있을 것으로 예상된다. 오전에 측정한 지연시간보다 안정적인 지연시간을 보였지만 7번 홉 이후의 라우터에 대한 지연시간이 60ms 이상으로 급등하는 것을 보아 8번 홉부터는 대기지

연이 아닌 다른 지연 발생 원인이 있는 것으로 예상된다. 10번 홉부터는 미국에 위치한 기업인 google이 관리하는 ip인 것으로 미뤄볼 때, 사용자의 위치와 라우터 사이의 거리가 멀어서 전파지연이 발생한 것으로 예상되고, 국내기업인 LG가 관리하는 8번, 9번 홉이 google의 장치와 비슷한 지연시간이 발생한 것을 봤을 때, 8번과 9번 홉은 국외에 존재하는 LG의 장치인 것으로 예상된다.

## References

### 송인회

- [1] 프로디바이스 블로그(2018.01.22.) 구내망구축공법 AON PON 방식 특등급아파트구축 통신실TPS설치 세대단자함 <https://blog.naver.com/114jhkim/221190536951>
- [2] NETMANIAS(2011.12.06.) DHCP 프로토콜 기본 원리 <https://www.netmanias.com/ko/?m=view&id=blog&no=5348>
- [3] wyatt 티스토리(2023.04.08.) [CMD] PING 명령어 <https://wyatti.tistory.com/entry/CMD-PING-%EB%AA%85%EB%A0%B9%EC%96%B4-%ED%85%8C%EC%8A%A4%ED%8A%B8>
- [4] 스테디노트 - 정보보안기사 비전공자 도전하기(2021.08.05.) Traceroute(tracert)동작원리 [Video]. YouTube.<https://www.youtube.com/watch?v=9A4WdzbjL8M>
- [5] 명우니닷컴(2015.03.19) [운영체제]Tracert를 이용한 IP 경로 추적 <https://myeonguni.tistory.com/642>

### 송준용

- [1] 푸른라인 블로그(2014.11.03.) SK브로드밴드 B인터넷 광랜의 다양한 방식 알아보을까요? [https://m.blog.naver.com/sk\\_purunline/220169974986](https://m.blog.naver.com/sk_purunline/220169974986)