JDCS
디지털콘텐츠학회논문지
Journal of Digital Contents Society
Vol. 19, No. 4, pp. 801-808, Apr. 2018

# 유선 네트워크 성능시험 방법 분석

**이 재 정[1] · 류 한 양[1] · 남 기 동[1] · 이 우 섭[2*]**
[1]한국전자통신연구원 ICT시험연구센터
[2]한밭대학교 정보통신공학과

# Performance test method analysis of wired network

**Jae-Jeong Lee[1] · Han-yang Ryu[1] · Ki-dong Nam[1] · Woo-Seop Rhee[2*]**
[1]Electronics and Telecommunications Research Institute, Daejeon 34129, Korea
[2]Department of Multimedia Engineering, Hanbat University, Daejeon 654-321, Korea

**[요 약]**

유선 네트워크를 구성하는 스위치나 라우터 또는 통합망에 대한 성능 시험방법론에 대해서는 아직 명확히 정의 되어 있지 않다. 스마트 폰과 멀티미디어 트래픽으로 인해 네트워크의 속도는 100Gbps까지 빠르게 증가하고 있다. 그러나, 정형화된 시험 방법이 없고 성능 시험 관련 부분은 아직도 옛날 자료를 기반으로 시험을 수행하고 있다. 통신사업자나 기업에서는 요구사항에 대한 시험을 자체 BMT(Benchmark Test)로 진행하고 있으며, 정부 또는 공공기관에서는 외부 기관에 성능 시험을 의뢰하고 있다. 차세대 네트워크 장비를 포함한 단위장비 및 통합망에 대한 성능 시험 수요가 증가함에 따라 성능 시험 방법에 대한 분석이 조속히 이루어져야 한다. 따라서 본 논문에서는 기관에서 수행하는 성능 시험 방법을 분석하고 모든 유선 네트워크 장비에 적용할 수 있는 가이드라인을 제시하고자 한다.

**[Abstract]**

The performance test methodology for switch, router or integrated networks that make up the wired network is not clearly defined. Due to smart phones and multimedia traffic, the speed of the network is rapidly increasing to 100Gbps. However, there is no formalized test method, and performance test related parts are still being tested based on old data. Telecommunication companies and companies are testing their requirements in their own BMT, and government or public institutions are requesting performance tests from external organizations. As the demand for the performance test of next generation network equipments and the integrated network increases, analysis of the performance test method should be done as soon as possible. Therefore, in this paper, we analyze the performance test method performed by the institute and propose guidelines that can be applied to all wired network equipment.

**색인어 :** 성능시험, 네트워크, 이더넷, 네트워크 기능 가상화, 스위치

**Key word :** Performance test, Network, Ethernet, NFV, Switch

**http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2018.19.4.801**

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-CommercialLicense(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Received** 12 April 2018; **Revised** 24 April 2018
**Accepted** 25 April 2018

***Corresponding Author; Woo-Seop Rhee**

**Tel:** +82-2-2275-4435
**E-mail:** wsrhee@hanbat.ac.kr

## Ⅰ. 서 론

유·무선 데이터의 폭발적인 증가로 인해 네트워크 장비의 성능과 기능은 고도화되고 있으며, 이러한 현상으로 인해 시스템 개발단계에서의 시험은 대단히 중요한 의미가 있다. 특히 대용량 시스템의 경우 일부 기능의 장애는 네트워크 전체에 부하를 발생시켜 최종에는 네트워크가 다운되는 상황이 발생할 수 있다. 국내 네트워크 환경은 해외 여느 국가와 비교해도 속도, 품질, 장소에 구애 받지 않고 인터넷을 사용할 수 있는 최상의 환경이 구축되어 있다. 국민 대다수가 보유하고 있는 스마트 디바이스는 언제 어디서나 원하는 데이터를 액세스 하고 있어 안정적인 망 관리의 중요성을 제기하고 있다. 통신사업자 입장에서도 좋은 품질의 네트워크를 제공하기 위해 네트워크 장비 도입 단계에서부터 성능 시험을 수행하고 있으며 망 구축 후에도 지속적으로 장비를 모니터링 하고 있다. 미래 정보 사회에서 요구되는 고속의 안정된 데이터 전송을 위해 망 구성 장비에 대한 성능 시험은 필수적이다. 특히 국가 및 공공기관에서 운영하는 네트워크 또는 데이터센터는 대국민 서비스를 지원하므로 구축 단계에서 사전 성능 시험을 필수적으로 수행해야 한다. 음성과 데이터가 통합된 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하는 통합망의 구축과 사물의 네트워크화에 따른 수 많은 디바이스의 출현으로 네트워크에 요구하는 성능 목표는 아주 높게 인식하고 있으며, 목표를 달성하기 위해 엄격하게 시험을 진행해야 한다.

본 논문의 구성은 Ⅱ장에 성능 시험 방법에 대한 표준을 분석하고 Ⅲ장에서는 네트워크 장비 성능 시험을 Ⅳ장에서는 통합망에서의 성능 시험 방법을 분석하고 마지막 Ⅴ장에서는 결론 및 향후 연구방향에 대해 제안한다.

## Ⅱ. 성능시험을 위한 표준 분석

유선 네트워크 장비의 성능 시험을 위한 표준은 IETF RFC 2544, IETF RFC 3511이 대표적인 방법이다. RFC 2544는 네트워크 장비의 일반적인 성능시험에서 고려해야하는 측정 변수 및 시험방법을 제시하고, RFC 3511은 침입차단시스템 성능시험에 대한 기본적인 시험항목 및 시험방법을 제시하고 있다. 시험기 업체에서는 라이센스(스크립트)형태로 제공되기 때문에 비용을 지불해야 한다. 따라서 비용을 지불하고 좀더 용이하게 사용하든지 아니면 수동으로 스트림을 만들어서 시험 수행이 가능하다.

### 2-1 RFC 2544

여러 종류의 시험을 수행하기 위해 가장 좋은 시험 방법은 한 시험기에서 송·수신 포트를 지원하는 것이다. 즉, 시험기의 송신 포트와 DUT(Device Under Test)의 수신 포트를 연결하고 DUT의 송신 포트와 시험기의 수신 포트를 연결하는 것이다. 이러한 환경에서 시험기는 시험 트래픽을 DUT로 송신하고 DUT를 통하여 다시 수신할 수 있으므로 송신한 모든 패킷이 수신되었는지 쉽게 결정하고 합당한 패킷을 수신하였는지 검증할 수 있다. 시험 프레임의 크기는 시험 중인 프로토콜에 대해 최대, 최소 프레임 크기를 포함하여 각 시험당 최소 5개 프레임 크기에 대해 시험해야 한다. 즉 이더넷 프로토콜은 64byte와 1518byte는 필수로 포함하고 128, 256, 512, 1024, 1280byte의 프레임을 선택한다. 표 1에서는 RFC 2544에 정의되어 있는 시험 항목에 대해 간략히 내용을 정의하였으며, 시험기에서 제공하는 스크립트를 이용하면 1회 시험으로 4개 항목에 대한 시험이 가능하다. 시험기의 스크립트를 이용하여 RFC 2544를 수행하면 시험자 입장에서는 효율적으로 손실이 발생하는 트래픽 대역을 확인 할 수 있다[1].

**표 1.** RFC 2544 시험 항목
**Table 1.** RFC 2544 Test Case

| 시험 항목 | 시험 내용 |
|---|---|
| 처리율 (Throughput) | DUT에서 프레임 크기에 따른 트래픽 처리율에 대한 시험 |
| 지연 (Latency) | DUT에서 프레임 크기에 따른 트래픽 처리 시 지연에 대한 시험 |
| 프레임 손실률(Frame Loss rate) | 프레임 크기 및 입력 프레임 전송률에 따라 DUT에서 폐기되는 프레임 율을 결정 |
| 연속 프레임 (Back-to-Back frames) | DUT가 프레임 손실 없이 송·수신할 수 있는 연속되는 프레임 수를 결정 |

### 2-2 RFC 3511

RFC 3511은 방화벽의 성능 벤치마크를 위한 방법을 제공하며 데이터의 전달, 연결, 대기시간, 필터링의 4개 영역을 포함한다. 방화벽 성능에 관한 처리율, 지연시간, TCP(Transmission Control Protocol) 연결용량, TCP 연결생성/해지율, HTTP(HyperText Transfer Protocol) 전송률 등에 대해 설명하고 있다. 다수의 사용자나 호스트, 데이터소스를 포함할 수 있기 때문에 가상 서버/클라이언트를 이용한다. 이러한 방화벽 테스트는 가상 서버와 클라이언트 응용계층의 요소를 명시하여 물리적인 인터페이스에 종속되지 않게 구현한다. 이 논문의 범위는 유선 네트워크 장비 성능 시험에 한정하고 있기 때문에 RFC 3511에서 네트워크 시험에 필요한 항목만 기술한다. 표 2에서는 L4-L7 계층의 시험 항목을 나타내고 있어, L4스위치의 성능 시험 항목으로 유용하게 사용할 수 있다. 하지만 실제 네트워크 트래픽과 유사한 시험을 위해서는 추가적인 시험 방법이 필요하다[2].

### 2-3 OPNFV

네트워크 기능 가상화를 위한 인프라 공통 플랫폼이 필요하다는 인식에 의해 프로젝트가 시작되었으며, OPNFV(Open Platform for Network Function

표 2. RFC 3511 L4 성능 시험 항목
**Table 2.** RFC 3511 L4 Performance Test Case

| 시험 항목 | 시험 내용 |
|---|---|
| Concurrent TCP Connection Capacity | DUT가 지원할 수 있는 최대 TCP 처리 수 (CC) |
| Maximum TCP Connection Establishment Rate | DUT가 처리할 수 있는 최대 TCP 연결 생성율 (CPS) |
| HTTP Transfer Rate (Goodput) | HTTP 최대 처리율 (B/W) |
| Maximum HTTP Transaction Rate | Binary search routine을 사용하여 DUT를 통과하는 HTTP 요청 오브젝트의 최대 트랜잭션 처리율 (TPS) |

Virtualization)는 제조사, 클라우드 및 인프라 업체, 개발자와 사용자가 함께 원하는 새 레퍼런스 유형을 정의하고 기존 오픈소스 빌딩 블록을 새로운 구성요소와 통합하고 NFV 개발과 배포를 위해 시험을 진행하는 것이다. Platform Performance Benchmarking은 OPNFV 시험 프로젝트 중 OPNFV 플랫폼에 대한 성능 평가를 수행하고, 시험검증 및 벤치마킹 도구를 제공하기 위한 프로젝트이다. Network Performance Benchmarking은 NFVI에서 L2 Virtual Switch에 대한 성능 시험에 촛점이 맞춰 있으며, 시험기 업체에서 제공하는 Virtual 툴을 이용하여 상기에서 언급한 RFC 2544 Throughput과 Latency 시험을 수행한다. 따라서 RFC 2544는 네트워크 성능시험에 기본적으로 적용할 수 있는 시험방법임을 확인할 수 있다[3]-[4].

## Ⅲ. 유선 네트워크 장비 성능시험 분석

네트워크 장비 성능 시험은 국내·외 기관으로는 TTA(Telecommunications Technology Association), Tolly Group 등에서 자체적으로 정의한 성능 시험항목이 존재하며, 국가정보자원관리원에서도 정보자원기술기준 검증지침(훈령)이 있다. 검증 지침은 국가정보자원관리원에 도입되는 정보자원에 대해 기술기준의 적합성을 검증하는 것이다. 이 지침은 국가 및 공공기관에서 정보자원 도입 시 공통규격으로 활용하고 있으며, 다양한 기준 중 본 논문에서는 네트워크 장비에 대해서만 성능시험 항목을 분석한다. 시험방법에 대한 개발은 민·관·연 협의체를 구성하여 실제 적용 가능한 항목만 관리원 지침으로 확정하였으며, 매년 협의체에서 신기술 및 요구사항에 대한 검토를 진행하고 있다. 아래 설명할 L2스위치-L4스위치는 지침에 반영되어 있으며, NFV와 L7 스위치에 대해서는 검토를 진행 중이다.

### 3-1 L2스위치

L2스위치에 대한 성능 시험항목은 표 3과 같다. L2스위치는 MAC(Media Access Control Address) 헤더를 보고 스위칭을 하는 장비이므로 Source MAC, Destination MAC에

표 3. L2 스위치 성능시험 항목
**Table 3.** L2 Switch Performance Test Case

| 시험 항목 | 세부 조건 |
|---|---|
| 스위칭 용량 | - 프레임 사이즈 : 64 ~ 1518byte, step : 1byte, Bidirectional(트래픽 구성) |
| 포워딩 속도 | - 프레임 사이즈 : 64byte |
| MAC Table 개수 | - 프레임 사이즈 : 512byte |

대해서는 트래픽을 송수신 할 수 있도록 설정하고 IP (Internet Protocol) 정보는 임의로 구성한다. 모든 장비에서 동일하게 시험기와 DUT를 연결하는 매체가 광케이블이면 트랜시버 와 광케이블 타입(Multi-mode 또는 Single-mode optical fiber)을 일치 시켜야 한다. 시험기와 DUT의 링크 LED가 점등되면 광 신호가 정상적으로 전달된다고 할 수 있다. L2스위치에서는 시험기의 포트 수가 부족할 경우 Snake 구성으로 시험을 진행해도 무방하다. Snake 구성은 시험기에서 DUT에 2개 포트만 연결하고 나머지 포트는 DUT에서 VLAN(Virtual Local Area Network)간 통신이 가능하도록 케이블을 연결한다.

- □ 시험기와 DUT 설정을 완료하고 트래픽을 전송하면 패킷 손실이 발생한다. 당연히 MAC Learning이 되지 않아 발생하는 문제이므로 처음 트래픽 전송 후 멈추고 두 번째 트래픽부터 성능 시험을 시작한다. 이후에도 계속 패킷 손실이 발생하면 Mac Learning 문제를 확인한다.
- □ 스위칭 용량 시험에서 64byte ~ 1518byte 구간을 1byte씩 증가하는 설정을 하면 이더넷 최소 프레임에서 최대 프레임까지 모든 프레임을 시험 할 수 있으므로 상기 방법을 사용한다.
- □ 포워딩 속도는 이더넷 최소 프레임 트래픽을 발생하여 패킷 손실 여부를 확인하는 시험이며 최소 프레임은 시스템에서 가장 많은 부하를 전달하므로 가혹한 부하 시험에서 권장된다.
- □ Mac Table은 스위치에 유입된 프레임을 특정 포트로 전송하기 위해 생성하는 Table이며, 시스템에서 관리 하는 개수가 정해져 있다. 시험기에서 MAC Table 입력 후 정상적으로 트래픽 수신이 되는지 확인 하며, Aging Time 변경 후 MAC Table이 삭제 되는지 확인한다.

### 3-2 L3스위치

L3스위치에 대한 성능시험 항목은 표 4와 같다. L3스위치는 IP 헤더를 보고 스위칭을 하는 장비이므로 IP 정보 설정 후 ARP(Address Resolution Protocol)를 진행한다. ARP가 정상이면 DUT MAC 정보가 모두 인스톨 되어 별다른 설정 없이 성능시험을 진행하면 된다.

**표 4.** L3 스위치 성능시험 항목
**Table 4.** L3 Switch Performance Test Case

| 시험 항목 | 세부 조건 |
|---|---|
| 스위칭 용량 | - 프레임 사이즈 : 64 ~ 1518byte, step : 1byte, Full-mesh(트래픽 구성) |
| 10GE Full Wire 기준 | - 프레임 사이즈 : 64byte<br>- Dual Stack 프레임 사이즈 비율<br>• IPv4(90%) = 78B(29):128B(8):256B(4):512B(3):1024B(5):1518B(41)<br>• IPv6(10%) = 78B(2):128B(1):256B(1):512B(1):1024B(1):1518B(4)<br>- 트래픽 구성 : Full-mesh |
| 포워딩 속도 | - 프레임 사이즈 : 64byte |
| ARP Table 개수 | - 프레임 사이즈 : 512byte |

□ 스위칭 용량 시험에서 L2스위치와 다른 점이 있다면 트래픽 구성을 Full-mesh로 설정하는 것이다. Full-mesh는 시험기 임의의 포트(Source Port)에서 연결된 모든 포트를 목적지로 트래픽을 전송하는 것이다. Full-mesh 구성 방법은 DUT에서 처리해야 하는 포워딩 테이블의 개수 증가로 인해 가혹한 환경을 만들 수 있으므로 가장 권장하는 트래픽 구성 방법이다. 그림 1과 같이 시험 구성에 필요한 모든 포트를 계측기와 연결하여 전체 트래픽 시험을 수행하면 일부 포트를 연결해서 시험 수행 후 계산식을 통해 성능을 도출 할 때 보다 더 많은 문제점을 발견할 수 있다. 시험 방법은 패킷 손실이 발생하면 1% 단위로 트래픽을 감소하여 최종 패킷 손실이 발생하지 않는 부하에서 결과를 기록한다. 상기 시험 방법은 RFC 2544에서도 설정 값을 조정하여 시험을 수행 할 수 있다.

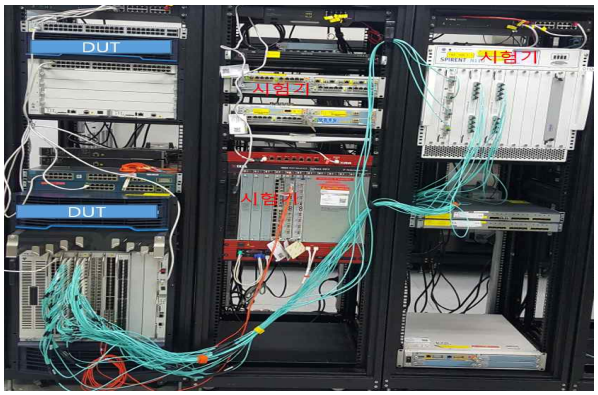


**그림 1.** Full-Mesh 시험 구성
**Fig. 1.** Full-Mesh test configuration

□ 10GE Full Wire 기준 시험은 DUT에서 패킷 손실 없이 지원 가능한 포트 수를 확인하는 시험항목이다. 우선 IPv4 64byte 프레임을 갖는 트래픽을 전송하여 패킷 손실이 발생하면 포트를 1개 씩 제거하면서 시험을 진행한다. 다음은 하나의 인터페이스에 IPv4 및 IPv6 모두 설정 후 패킷 손실이 발생하지 않는 포트를 결정한다. Dual Stack 설정은 현재 대부분 사용하는 주소인 IPv4 주소를 고려하여 90% 비율로 설정하고 IPv6는 10% 비율을 설정하며, 다양한 프레임 사이즈를 설정한다. IPv6에 대한 성능 시험은 미래 네트워크 환경에 대응하기 위해 필요한 항목이다.

□ ARP는 IP 주소에 따라 MAC 주소를 생성하는 과정이며, 시스템에서 관리하는 개수가 정해져 있다. 시험기에서 IP 주소 입력 후 정상적으로 트래픽 수신이 되는지 확인하며, Aging Time 변경 후 IP Table이 삭제되는지 확인한다.

### 3-3 L4스위치

L4스위치에 대한 성능시험 항목은 표 5와 같다. L4스위치는 세션을 관리하는 장비이므로 서버 또는 네트워크 보안장비와 연동하여 세션을 관리한다. DUT에 입력되는 5-Tuple(Source/Destination IP, Source/Destination Port, Protocol) 정보를 확인하여 동일한 세션으로 포워딩한다. L4스위치의 성능시험 항목은 RFC 3511에서 정의한 네트워크 분야의 항목에 실제 트래픽과 유사한 시험환경이 추가로 정의되어 있다.

□ 동시세션 처리는 실제 클라이언트와 서버 간의 데이터 처리가 가능한 시험기에 DUT를 연결하여 시험을 수행한다. 서버 데이터 사이즈는 시험기와 DUT 트래픽 용량을 감안하여 1byte로 설정하였으며, 향후 인터페이스 증가에 따른 데이터 사이즈 조정이 필요하다. 동시세션 처리는 시험기 종류에 따라 세션을 유지시간 만큼 종료하지 않고 연결되어야 하는 정상적인 결과 확인이 가능한 시험기가 있으므로 옵션을 확인해야 한다. L4스위치의 성능시험 항목에 공통으로 적용되는 TCP Connection Termination은 3 Way-Handshake 으로 설정하여 시험을 진행한다. 시험기 종류에 따라 3 Way-Handshake가 아닌 Reset으로 종료하는 경우가 있는데 이 경우에는 일반적인 상황에서 발생하지 않으며 DUT의 성능을 증가 시켜 주는 요인이 되기 때문에 모든 시험에서 3 Way 또는 4 Way-Handshake을 설정해야 한다. 성능시험 중 DUT의 CPU, Memory, 인터페이스 이용현황도 함께 체크 하며, 시험결과 값은 유지시간에 측정된 최소값으로 결정하며 L4 성능시험 항목에 공통으로 적용된다.

□ 대역폭은 실제 트래픽 상황과 유사하게 서버 데이터 사이즈를 다양하게 설정하고 각 데이터 사이즈에 따라 트래픽 로드 비율도 다르게 설정하여 시험한다. 또한 현재 홈페이지 데이터 사이즈 증가에 따라 Connection 1회에 Transaction(HTTP Get)을 10회 수행하는 방식으로 시험을 진행한다. 이런 시험 방법은 HTTP/1.1에서 지원하며 HTTP/1.0에서는 시험기에 위와 같은 설정을 해도 Connection 1회에 Transaction 1회만 수행한다.

표 5. L4 스위치 성능시험 항목
**Table 5.** L4 Switch Performance Test Case

| 시험 항목 | 세부 조건 |
|---|---|
| 동시세션 처리(CC) | - 서버 데이터 사이즈 : 1byte<br>- Transaction : connection = 1:1<br>- Client, Server, VIP 개수 지정 |
| Throughput(bps) | - 서버 데이터 비율(%) = 1KB(10) : 8KB(10) : 32KB(10) : 128KB(70)<br>- Transaction : connection = 10:1<br>- Client, Server, VIP 개수 지정 |
| 커넥션 처리(CPS) | - 서버 데이터 사이즈 : 1byte<br>- Transaction : connection = 1:1<br>- Client, Server, VIP 개수 지정 |
| 단위 트랜잭션 처리(TPS) | - 서버 데이터 사이즈 : 1Kbyte<br>- Transaction : connection = 10:1<br>- Client, Server, VIP 개수 지정<br>- HTTP v1.1 |
| ARP Table 개수 | - 프레임 사이즈 : 512byte |

□ 커넥션 처리는 동시세션 처리와 유사하며, 단위 트랜잭션 처리는 트래픽 처리 용량에 따라 서버 데이터 사이즈를 1Kbyte 또는 1byte로 설정하여 시험을 수행한다. 이러한 이유는 단위 트랜잭션 처리 용량은 높지만 인터페이스 용량이 부족한 경우가 있기 때문이다. 데이터 사이즈 외 나머지 시험방법은 Throughput과 유사하며, 단위 트랜잭션 처리 항목은 L7스위치의 시험항목으로도 활용할 수 있다[5]-[6].

### 3-4 NFV(가상화 라우터/L4스위치) 성능 시험

컴퓨터 기술의 비약적인 발전으로 인해 전산실 또는 데이터센터에도 서버 가상화 기술을 적용하여 운영되고 있다. 본 시험은 x86서버에 Red Hat 회사의 가상화 솔루션인 RHEV(Red Hat Enterprise Virtualization)를 설치하고 가상화 라우터와 L4스위치에 대한 성능 시험 방법을 간략히 설명한다. RHEV는 하이퍼바이저인 KVM(RHEV-H)과 매니저 역할을 담당하는 RHEV-M기능을 포함하는 가상화 패키지 솔루션이다. 시험을 위한 x86 서버 사양은 아래와 같다.

| CPU | Memory | HDD | NIC |
|---|---|---|---|
| Intel Xeon E5-2690v4 2.60GHz 14Core x 2EA | 448GB | 300GB x 4EA | 10Gbps : 6port<br>1Gbps : 4port |

시험 구성은 그림 2와 같이 물리적 PCI카드(PF: Physical Function)를 여러 개의 가상 PCI(VF: Virtual Function)로 만들어 PF에서 직접 VF를 생성하여 VM(Virtual Machine)에 연결하는 SR-IOV(Single Root I/O Virtualization) 기법을 사용한다. 각각의 가상 라우터(vRouter)와 가상 스위치(vADC)를 설정하고 최종 트래픽은 시험기에서 vRouter에 트래픽을 전송하면 VF를 통해 vADC로 전송 후 시험기로 전송하는 경로이다. 각각의 VNF(Virtual Network Functions) 설정은 OVS(Open vSwitch)를 통해 Management 포트를 통해 이뤄진다.

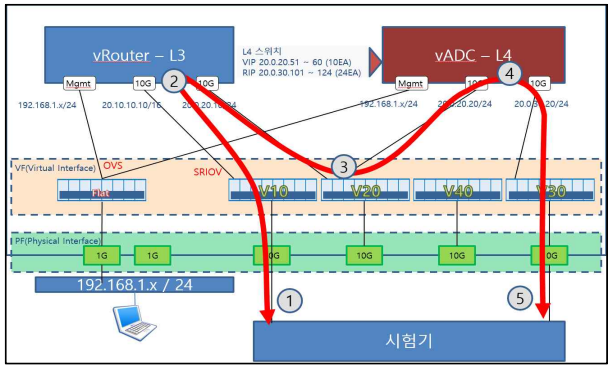


그림 2. 시험 구성
Fig. 2. Test Configuration

□ NFV 시스템은 일반적인 하드웨어 기반의 장비와 달리 패킷 손실이 발생 한 경우에도 VM에서는 대부분 확인 불가능하다. 따라서 PF에서 패킷 손실 여부를 체크해야 한다.
□ vRouter와 vADC에 대한 시험을 각각 수행 후 성능에 대한 한계 값을 확인 한 다음 서비스 체이닝에 대한 시험을 수행해야 문제 발생 시 빠르게 대처 할 수 있다.
□ 각 VNF는 서드파티 제품에 따라 상당한 성능 이슈가 발생하므로 다양한 벤더와 시험을 수행하여 최적의 조합을 확인해야 한다.
□ 성능 시험 방법은 상기에서 열거한 L3/L4스위치에 대한 시험방법을 동일하게 적용 할 수 있다[7]-[8].

## Ⅳ. 통합망 성능 시험 분석

국가, 공공기관 등에서는 Mobile, 클라우드 등 ICT(Information & Communication Technology)신기술 확산으로 인프라 기반 개선과 예산절감의 목적으로 통합망을 구축하고 있다. 통합망은 기존 소용량 전송대역폭에서 대용량으로 전환하여 음성, 데이터, 영상 등의 광대역정보를 이용할 수 있는 통신서비스 인프라를 제공한다. 통합망 구축을 위한 기본 장비는 전송장비(MSPP/PTN)를 비롯하여 L3 백본스위치, L3 집선스위치, L2스위치, L4스위치, IPS(Intrusion Prevention System)/IDS(Intrusion Detection System), Firewall, VPN(Virtual Private Network)시스템, NAC(Network Access Control) 등의 네트워크 장비로 구성된다. 이러한 다양한 장비로 인하여 장비 간 상호운용성 및 이중화에 따른 라우팅 이슈 등이 발생 할 수 있다. 특히 망 구축 후 시범운영기간 동안 네트워크 전체에 대한 시험은 필수적이다. 일반적으로 단위장비에 대한 시험방법론은 많은 연구가 진행되고 있지만 통합망에 대한 성능 시험은 저조한 실적이다. 이 논문에서는 End-to-End 시험 방법으로 성능 시험 프로그램을 이용한 성능 시험 방법과 관련 이슈를 살펴본다[9].

### 4-1 성능시험

통합망에 대한 성능시험은 가입자를 고려한 환경 하에서 시험을 진행하기 위해 서버 앞단의 네트워크 장비에 서비스 설정 대역폭을 측정할 수 있는 노트북을 설치하고 클라이언트 쪽은 전송 구간 하단의 가입자를 수용하는 L2스위치에 노트북을 설치한다. 노트북에는 성능 시험을 위한 Server와 Endpoint(Client) 프로그램을 설치해야 하며 특정 사이트에서 Server/Client 관리가 가능하다. 인터넷망(외부망)과 업무망(내부망)의 분리로 인해 성능 시험 구간은 업무망을 대상으로 하고 있으며, 성능 시험 항목은 대역폭 측정(상·하향)과 단방향 지연, 패킷손실률이다. 현재는 전송 대역폭의 증가로 인해 특정 대역폭이 1Gbps 이상으로 설정되어 있는 경우를 대비하여 설정 대역폭을 측정할 수 있는 PC를 사전에 준비해야 한다.

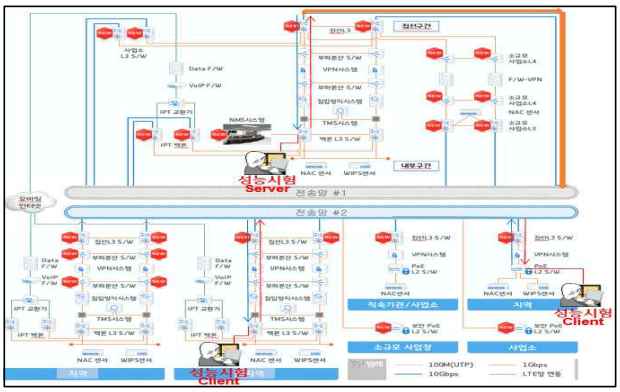


**그림 3.** 성능시험 구성
**Fig. 3.** Performance test configuration

그림 3은 실제 통합망에서의 시험구성을 나타내고 있다. 성능 시험 프로그램 Server 노드에서는 각 지역 클라이언트 시스템을 관리 할 수 있어 중앙에서 성능 시험을 위한 설정과 결과값을 확인할 수 있다. 대역폭이 대용량으로 설정 되어 있을수록 시험에 사용하는 동일 flow 개수를 최소 20개 이상으로 설정해야 실제 환경과 유사한 측정 값을 얻을 수 있다.

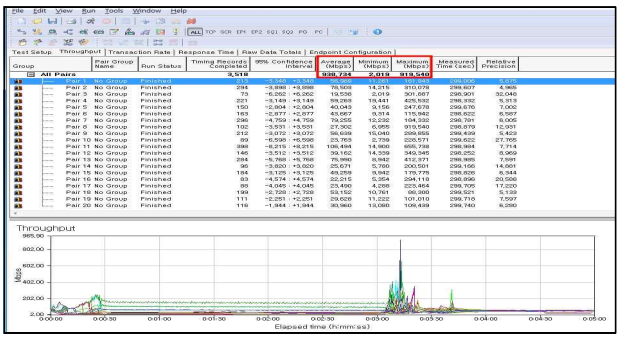


**그림 4.** Throughput 시험 결과
**Fig. 4.** Throughput test results

그림 4는 20개 flow 개수를 기반으로 1Gbps 인터페이스를 연결하여 939Mbps의 결과값을 확인 하였으며, 광 선로의 길이에 따른 Delay와 오버헤드를 고려하면 적절한 값이라고 할 수 있다. 네트워크에 대한 품질 시험은 일반적으로 12시간 동안 RTP(Real-time Transport Protocol) 프로토콜 기반 트래픽을 발생하여 그 결과를 기반으로 품질을 결정한다. 여기에 사용되는 성능 측정 프로그램 스크립트는 IPTVv.scr로 File size : 1,536,000byte, send data rate : 2.048Mbps, buffer size : 1460으로 설정한다.

**그림 5.** 품질시험 결과
**Fig. 5.** Quality test results

그림 5는 품질 측정 결과로 단방향 지연은 최대 2ms 이하, 패킷손실률은 4 x $10^{-5}$이하로 측정 되어 TCP/IP 특성을 고려하면 양호한 값이다.

### 4-2 통합망 구축 이슈

통합망 구축에 따른 이슈는 매우 많은 지점에서 발생 할 수 있으며, 아래 열거된 내용은 네트워크 관점에서 분석한 내용이다.

- □ 무중단 서비스를 위해 이중화 시스템을 구성할 경우에는 절체 시험을 통해 새로운 라우팅 경로를 인식하는지 확인한다. 무중단 서비스를 위해 네트워크를 이중화로 구축하지만 실제 장애 시 이중화 역할을 하지 못하는 경우가 종종 발생한다. 따라서 절체 시험을 통한 라우팅 경로 확인은 매우 중요한 시험 항목이다.
- □ 통합망에는 다양한 장비가 구축 되기 때문에 상호운용성 이슈는 항상 존재한다. 따라서 기본적으로 인터페이스 구성을 통일하고(Auto-negotiation 또는 Manual mode) 인터페이스에서 속도 이슈가 발생하지 않도록 점검한다.
- □ 세션 관리장비 전/후 스위치에서는 동일 경로를 유지 하도록 라우팅을 설정해야 트래픽 Drop을 예방할 수 있다.
- □ 광 전송 전파 지연에 따라 일반적으로 200km 당 1ms의 지연이 발생하며, 구간에 포함되어 있는 모든 시스템 Delay와 오버헤드를 고려하여 적절한 대역폭을 도출해야 한다.

## Ⅴ. 결 론

수많은 네트워크 장비가 국가 및 공공기관에서 운영되고 있지만 사전 성능시험을 수행하고 네트워크를 구축하는 프로세스는 정립되어 있지 않다. 새로운 네트워크 구축으로 인한 기대감은 구성원 모두가 갖고 있지만 네트워크 구축 시 장비 또는 통합망에 대한 성능 시험은 간과하는 경우가 많다. 일반적으로 데이터센터와 통합망은 L2/L3/L4스위치, 라우터, 데이터센터 스위치, 전송장비 등 매우 복잡하며 다양한 장비로 구성된다. 이러한 복잡 다양한 장비를 구축함에 있어 사전에 충분한 성능 시험과 상호운용성 시험을 수행하여 구축 후 발생 할 수 있는 문제를 최소화 하는 전략이 필요하다. 따라서 이 논문에서는 유선 네트워크 장비와 통합망에 대한 성능 시험 방법론과 노하우를 제시하였으며, 각 제조사 및 기관에서 활용할 수 있기를 기대한다. 향후 데이터센터 등에서 활발히 도입되는 화이트박스 스위치, 가상화 솔루션에 대한 성능 시험 방법론에 대한 더 많은 연구가 진행되어야 할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 정보통신연구기반구축사업의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

## 참고문헌

[1] IETF RFC 2544 Benchmarking Methodology for Network Interconnection Devices, March 1999

[2] IETF RFC 3511 benchmarking Methodology for Firewall Performance, April 2003

[3] J.G. Park, S.M. Lee, S.H. Yoon, B.C. Lee, “Analysis of OPNFV project and its ARNO Release”, Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 30, No. 4, pp. 151-161, August 2015.

[4] OPNFV, Available: https://www.opnfv.org/

[5] Ministry of the interior and safety[Internet], Available: www.nirs.go.kr

[6] National Information Resources Service[Internet], Available: https://iot.ncia.go.kr

[7] Giwon Lee, Insun Jang, Wontae Kim, Sukjin Joo, Myungsoo Kim, Sangheon Pack, Chul-Hee Kang, “SDN-Based Middlebox Management Framework in Integrated Wired and Wireless Networks”, The Journal of The Korean Institute of Communicatio Sciences, Vol. 39, No. 6, pp. 379-386, June 2014.

[8] Hwang Jung-Yeon, Ryu Ho-Yong, “Cloud Computing-based NFV Use Case”, Korea Institute of Information Technology Magazine, Vol. 14, No. 1, pp. 1-13, June 2016.

[9] Ji Moon Chung, “A Designing Method of Network Quality Assurance Test Bed Design under Next-generation Network Environment”, Journal of Digital Contents Society, Vol. 13, No. 4, pp. 625-629, December 2012.

**이재정**(Jae-Jeong Lee)

2007년 : 공주대학교 대학원 (공학석사)

1999년~현 재: 한국전자통신연구원 선임
※관심분야 : 통신, 네트워크 보안 등

**류한양**(Han-Yang Ryu)

1995년 : 강원대학교 대학원 (공학석사)
1999년 : 강원대학교 대학원 (공학 박사 수료)

2000년~현 재: 한국전자통신연구원 책임연구원
※관심분야 : 주기억장비 실시간 데이터베이스, 네트워크 시험기술 등

**남기동**(Ki-Dong Nam)

1992년 : 인하대학교 대학원 (공학석사)
2011년 : 충남대학교 대학원 (공학박사)

2001년~현 재: 한국전자통신연구원 ICT시험연구센터 센터장
※관심분야 : 네트워크/정보보호 시험, 재난통신망, 센서 통신등

**이우섭**(Woo-Seop Rhee)

1995년 : 충남대학교 대학원 (공학석사)
2003년 : 충남대학교 대학원 (공학박사)

1983년~2005년: 한국전자통신연구원 팀장
2005년~현 재: 국립한밭대학교 정보통신공학과 교수
※관심분야 : 사물인터넷, 소셜 사물인터넷, 트러스트(Trust) 관리 및 평가, 상황인지 서비스 등