

논문 2015-2-3

트래픽관리 성능측정 방법론 분석

정연서*

An Analysis of Benchmarking Methodology for Traffic Management

Youn-Seo Jeong*

요 약

IETF BMWG 워킹그룹에서는 인터넷워킹, 네트워크 장치, 시스템, 서비스 등의 품질특성, 측정과 관련된 다수의 권고안들을 제정하고 있다. RFC 7640에서는 네트워크 장비들의 트래픽관리 기능에 대한 성능시험 방법에 대하여 정의하고 다루고 있으며, 또한 트래픽 분류, 폴리싱, 큐잉/스케줄링, 셰이핑 기능의 성능에 대하여 규정하고 트래픽관리 기능들의 시험평가에 대한 프레임워크와 파라미터, 시험절차들에 대하여 제시하고 있다.

Abstract

The Benchmarking Methodology Working Group (BMWG in IETF) will continue to produce a series of recommendations concerning the key performance characteristics of internetworking technologies, or benchmarks for network devices, systems, and services.

RFC 7640 discusses and defines a practical methodology for benchmarking the traffic management capabilities of networking devices. Also, it defines the methods to characterize the capacity of the following traffic management features in network devices: classification, policing, queuing/scheduling, and traffic shaping.

It provides a framework to conduct repeatable traffic management benchmarks for devices and systems. And, this framework can also be used as a test procedure to assist in the tuning of traffic management parameters of benchmark for devices and systems.

한글키워드 : 성능측정, 트래픽관리

keywords : performance, traffic management, network device

1. 서론

IETF(Internet Engineering Task Force)는

인터넷 표준규격을 개발하고 있는 미국 IAB(Internet Architecture Board) 산하의 위원회이다. IETF에서는 구현에 필요한 표준을 제정하고 문서를 발행하고 관리하기 위한 정기적인 회의를 개최하고 있다. 이러한 문서들을 RFC(Request For Comments)라고 지칭되며 고유의 번호를 부여하여 관리하고 있다. 현재 활동 중인

* 한국전자통신연구원
(email: jys847@etri.re.kr)
접수일자: 2015.11.24. 심사완료: 2015.12.10.
게재확정: 2015.12.22.

주요 영역으로는 Applications Area, Internet Area, Operations and Management Area, Real-time Applications and Infrastructure Area, Routing Area, Security Area, Transport Area 영역(area)이 있으며 각 영역 아래에는 131개의 워킹그룹이 활동하고 있다. 워킹그룹들 중에서 Transport area의 IP Performance Metrics (IPPM)과 Operation & Management 영역의 Benchmarking Methodology (bmwg) 워킹그룹에서는 프로토콜이나 관련 네트워크 장비들의 성능측정과 관련된 표준들을 제정하여 보급하고 있다[1].

표 1. IETF BMWG RFC
Table 1. IETF BMWG RFC

번호	내용
RFC 2544	Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices 1999.3
RFC 2889	Benchmarking Methodology for LAN Switching Devices 2000.8
RFC 3116	Methodology for ATM Benchmarking 2001.6
RFC 3511	Benchmarking Methodology for Firewall Performance 2003.4
RFC 3918	Methodology for IP Multicast Benchmarking 2004.10
RFC 4061	Benchmarking Basic OSPF Single Router Control Plane Convergence 2005.4
RFC 5180	IPv6 Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices 2008.5
RFC 5695	MPLS Forwarding Benchmarking Methodology for IP Flows 2009.11
RFC 6413	Benchmarking Methodology for Link-State IGP Data-Plane Route Convergence 2011.11
RFC 7502	Methodology for Benchmarking Session Initiation Protocol (SIP) Devices: Basic Session Setup and Registration
RFC 7640	Traffic Management Benchmarking

2. IETF 표준화 동향

2.1 IETF 성능측정 표준

현재 IETF에서 제정된 성능과 관련된 주요 RFC 문서는 표 1과 같다. 리피터, 스위치, 라우터 등의 성능을 측정하는 방법(RFC 2544, RFC 2889, RFC 5180)과 ATM(RFC 3116), Firewall(RFC 3511), IP Multicast(RFC 3918), OSPF(RFC 4061), MPLS(RFC 5695), IGP(Interior Gateway Protocol) 성능(RFC 6413) 등의 장비와 프로토콜의 성능측정 방법을 위한 문서들이 있으며 SIP(RFC 7502), Traffic management Benchmarking(RFC 7640)과 관련된 표준들도 최근 제정되었다[2~12]. 현재 진행중인 시험평가 문서들로는 데이터센터, SDN 컨트롤러, VNF (Virtual Network Function), NFV 평가 등에 대한 것들이 있다[13~16].

2.2 트래픽 관리 성능평가

일반적으로 트래픽 관리 기능을 제공하는 장비들은 트래픽분류(traffic classification), 트래픽 폴리싱(traffic policing), 트래픽 스케줄링(traffic scheduling), 트래픽 셰이핑(traffic shaping), AQM(Active Queue management) 등의 기능들을 포함하고 있다.

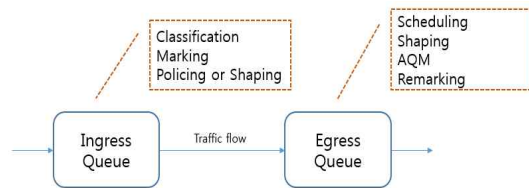


그림 1. 트래픽 관리 기능
Fig. 1. Traffic management function

정확한 트래픽 관리는 네트워크 QoS를 실현하기 위한 중요한 요소이며 RFC 7640에서는 네트

워크 장치의 트래픽 관리 기능의 성능을 측정하기 위한 메트릭과 평가항목들을 상세하게 담고 있다. 크게 Policer, Queue/Scheduler, Shaper의 기능을 대상으로 4개 대항목과 6개의 중항목, 다시 13개의 세부항목 등으로 나누어 구성되어 있다[12].

RFC 7640에서는 트래픽 관리기능들에 대한 시험방법과 메트릭에 대한 내용을 담고 있으며 개별기능들(classification, policing, queuing/scheduling, shaping)과 성능측정 시험으로 나누어 설명하고 있다.

표 2. Traffic management benchmark framework
Table 2. Traffic management benchmark

번호	대항목	중항목/세부항목
1	Policing	Policer Individual Tests
		Policer Individual Tests
		Maximum Policers on Single Physical Port
		Single Policers on All Physical Ports
		Maximum Policers on All Physical Ports
2	Queue/Scheduler	Queue/Scheduler Individual Tests
		Testing Queue/Scheduler with Stateless Traffic
		Testing Queue/Scheduler with Stateful Traffic
		Queue/Scheduler Capacity Tests
		Multiple Queues, Single Port Active
		Strict Priority on Egress Port
		Strict Priority + WFQ on Egress Port
		Single Queue per Port, All Ports Active
Multiple Queues per Port, All Ports Active		
3	Shaper	Shaper Individual Tests
		Testing Shaper with Stateless Traffic
		Testing Shaper with Stateful Traffic
		Shaper Capacity Tests
		Single Queue Shaped, All Physical All Ports Active
		All Queues Shaped, Single Port Active
All Queues Shaped, All Ports Active		
4	Concurrent Capacity Load	

3. 트래픽 관리기능 메트릭

트래픽 관리기능의 성능평가 측정을 위한 메트릭은 크게 비연결성(Stateless) 트래픽으로 시험하는 패킷-레이어(Packet-layer) 메트릭과 연결성(stateful) 트래픽을 사용하는 TCP-layer 메트릭으로 나누고 있다.

3.1 STATELESS TRAFFIC 측정 메트릭

패킷손실과 지연시간을 측정하기 위해서 시퀀스 번호와 타임스탬프를 이용하며 측정 메트릭은 다음과 같다.

- BSA(Burst Size Achieved)
- LP(Lost Packet)
- Out-of-Sequence(OOS)
- Packet Delay(PD)
- Packet Delay(PDV)
- Shaper Rate(SR)
- Shaper Burst Bytes(SBB)
- Shaper Burst Interval(SBI)

3.2 STATEFUL TRAFFIC 측정 메트릭

TCP의 특성에 근거한 항목들로 측정 메트릭은 다음과 같다.

- TCP Test Pattern Execution Time (TTPSET)
- TCP Efficiency

$$\frac{\text{Transmitted Bytes} - \text{Retransmitted Bytes}}{\text{Transmitted Bytes}} \times 100$$

- Buffer Delay

$$\frac{\text{Average RTT during transfer} - \text{Baseline RTT}}{\text{Baseline RTT}} \times 100$$

4. 트래픽 관리기능 시험항목

RFC 7640에서는 정확한 시험을 위해 10회 반복(Tr:Test Runs)과 트래픽은 최소 60초 이상 발생(Td:Test Duration)하여 시험하여야 할 것을 권고하고 있다.

4.1 트래픽 Policing 시험

트래픽 Policing은 트래픽이 지정된 일정수준을 초과하지 않도록 측정하는 것으로 Policer는 초과한 패킷들에 대하여 Drop(폐기)을 하게 된다. 버퍼가 필요하지 않고 메모리를 많이 점유하지 않으나 패킷손실이 많이 발생하게 된다.

트래픽 Policer의 성능을 측정하기 위해서는 CIR/CBS와 EIR/EBS 파라미터 변화에 따른 성능측정을 한다.

비연결성 트래픽으로만 측정하며 기능동작 확인을 위한 Policer Individual Tests와 성능측정을 위한 Policer Capacity Tests 두개로 구분되어 있다.

시험대상장비(DUT)의 CIR, EIR, CBS, EBS 파라미터 설정 값을 기록하고 BSA, LP, PD, OOS, PDV를 측정한다.

4.2 Queue/Scheduler 시험

큐잉(Queueing)은 트래픽 처리 장치에서 처리할 수 있는 수준 이상의 트래픽이 발생하는 경우 큐(Queue)에 저장해 두었다가 스케줄러(FIFO, SP, WFQ 등)에 의하여 처리하는 것으로 큐(Queue)나 스케줄러(Scheduler)의 동작을 확인하는 개별기능시험(Individual Tests)와 성능을 확인하는 성능시험(Capacity Tests)로 나누어져 있다. 개별기능 시험은 다시 비연결성 트래픽과 연결성 트래픽으로 나누어 시험을 하며 비연결성 트래픽시험시 사용하는 메트릭은 3장에 기술한 바와 같이 BSA, LP, OOS, PD, PDV를 기록하

며, 연결성 트래픽을 이용한 시험시에는 TTPEP, TCP Efficiency, Buffer Delay를 측정하여 기록한다.

4.3 Shaper 시험

쉐이핑(Shaping)은 트래픽이 지정된 일정수준을 초과하는 경우 버퍼에 저장하여 두었다가 처리를 하는 방식이다. Shaper의 경우 Policing과 달리 패킷손실을 줄일 수 있으나 메모리나 버퍼가 추가로 필요하며 버퍼에 의한 추가적인 패킷 지연이 발생하게 된다.

쉐이퍼 시험은 다른 기능과 동일하게 개별기능 시험과 성능시험으로 나누어져 있으며 DUT에 쉐이퍼의 ingress QL(queue length)과 egress 파라미터인 Shaper rate(SR), Burst committed(Bc)/Burst excess(Be) 파라미터를 설정하고 비연결성 트래픽과 연결성 트래픽을 이용하여 시험을 하고 egress port의 LP, OOS, PDV, SR, SBB, SBI 값을 기록한다. 연결성 트래픽 시험의 경우 NDE(Network Delay Emulator)를 사용해서 시험을 진행하도록 제시하고 있으며 세부 테스트 패턴들에 대해서 규정하고 있다.

4.4 Concurrent Capacity Load 시험

외부에서 내부로 들어오는 패킷에 대한 폴리서(policer)와 내부에서 외부로 나가는 큐잉의 기능, 폴리서와 쉐이퍼 등을 조합하여 시험하는 것으로 동시에 여러 조건들에 대하여 설정하고 트래픽관리 성능을 시험하도록 하고 있다.

4.5 시험환경

트래픽관리 기능의 시험은 공개도구들인 iperf, netperf, uperf, Tmix, TCP-incast-generator, D-ITG(Distributed Internet Traffic Generator)나 상용계측기들을 사용하여 발생시켜 시험을 진행할 수 있다.

비연결성 트래픽의 경우와 달리 연결성 트래픽 시험시 발생 트래픽 패턴은 다음과 같이 모델링하며 고려할 파라미터는 다음과 같다[17].

- Main object size (Sm)
- Embedded object size (Se)
- Number of embedded objects per page (Nd)
- Client processing time (Tcp)
- Server processing time (Tsp)



그림 2. stateful traffic pattern modeling
Fig. 2. Stateful traffic pattern modeling

5. 결론

트래픽관리 기능을 갖고 있는 장비들은 대표적으로 스위칭장비(L2/L3), 라우터, 방화벽, 프로시 등의 L4~L7 어플라이언스 장비들이 있다. 본 논문에서 살펴 본 트래픽관리 기능 성능평가 방법들은 해당 장비들의 트래픽관리 기능의 동작과 성능 측정을 위한 지침으로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

향후 도구들과 장비들을 이용하여 실제 평가를 위한 환경 구축과 시험을 진행, 관찰하고 결과를 분석할 계획이다.

참고 문헌

[1] IETF WG introduction, <http://www.ietf.org/wg/concluded/>, 2015.
[2] Bradner, S., J. McQuaid, "Benchmarking Methodology for Network Interconnect

Devices", RFC 2544, Mar. 1999.
[3] Mandeville, R., J. Perser, "Benchmarking Methodology for LAN Switching Devices", RFC 2889, Aug. 2000.
[4] Popoviciu, C., Hamza, A., Van de Velde, G., D. Dugatkin, "IPv6 Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices", RFC 5180, May 2008.
[5] Dunn, et al., "Methodology for ATM Benchmarking", RFC 3116, Jun. 2001.
[6] Hickman, et al., "Benchmarking Methodology for Firewall Performance", RFC 3511, Apr. 2003.
[7] Stopp, et al., "Methodology for IP Multicast Benchmarking", RFC 3918, Oct. 2004.
[8] Manral, et al., "Benchmarking Basic OSPF Single Router Control Plane Convergence", RFC 4061, Apr. 2005.
[9] Akhter, et al., "MPLS Forwarding Benchmarking Methodology for IP Flows", RFC 5695, Nov. 2009.
[10] Poretsky, et al., "Benchmarking Methodology for Link-State IGP Data-Plane Route Convergence", RFC 6413, Nov. 2011.
[11] C. Davids, et al., "Methodology for Benchmarking Session Initiation Protocol (SIP) Devices:Basic Session Setup and Registration", RFC 7502, Apr. 2015.
[12] B. Constantine, et al., "Traffic Management Benchmarking", RFC 7640, Sep. 2015.
[13] L. Avramov, et al., "Data Center Benchmarking Methodology", Internet Draft, Oct. 2015.
[14] T.Kim, et al, "Considerations for Benchmarking High Availability of NFV Infrastructure", Internet Draft, Sep. 2015.
[15] Anton Basil, et al., "Benchmarking Methodology for SDN Controller Performance", Internet Draft, Oct. 2015
[16] A. Morton, "Considerations for Benchmarking Virtual Network Functions and

- Their Infrastructure”, Internet Draft, Sep. 2015.
- [17] 3rd Generation Partnership Project 2, “cdma2000 Evaluation Methodology”, Version 1.0, Revision A, http://www.3gpp2.org/public_html/specs/C.R1002-A_v1.0_Evaluation_Methodology.pdf, May 2009.

저 자 소 개



정연서(Youn-Seo Jeong)

2001년 8월: 충북대학교 컴퓨터공학과 박사
2000년 12월 ~ 현재: 한국전자통신연구원

<주관심분야> 네트워크/정보보호 시험평가,
정보보안, 보안성평가