

# 웹 서비스 응답성능 개선을 위한 Linux TCP RTO\_MIN 변수 자동조정에 관한 연구

손병홍\*, 유명식<sup>o</sup>

## A Study on Automatic Adjustment of Linux TCP RTO\_MIN Variables to Improve Web Service Response Performance

Byeong-hong Son\*, Myungsik Yoo<sup>o</sup>

### 요약

Linux 시스템을 이용한 TCP 웹 서비스는 인터넷 및 랜 환경에서 다양한 분야에 활용되고 있다. 대부분의 Linux 장비들은 기본 설정으로 동작시키고 있다. 시스템 성능을 최적화 하기 위해서는 Linux 운영체제 변수 및 서비스 성능 모니터링에 대한 전문적 지식이 필요하고 네트워크 분석이 가능해야 한다. TCP 성능은 RTT에 매우 큰 영향을 받고 있고 Linux의 운영체제 변수인 TCP 재전송 파라미터 RTO\_MIN은 200msec로 고정되어 있다. 최근 고속화된 통신망에서 고정된 200msec RTO\_MIN은 사용자 환경에 부합하지 않다. 본 논문에서는 자동으로 RTO\_MIN을 조정하여 TCP 웹 서비스 성능개선이 가능한 시스템을 개발하였다. 실험을 통하여 제안 시스템이 자동으로 RTO\_MIN 값을 찾아 시스템 성능을 개선함을 확인하였다.

**키워드** : 리눅스 OS 파라미터, TCP RTO\_MIN, 자동조정

**Key Words** : Linux OS Parameter, TCP RTO\_MIN, Automatic Adjustment

### ABSTRACT

TCP web services using Linux systems have been used in a variety of areas in Internet and LAN environments. Most Linux devices operate by default system parameters. To optimize system performance, expertise in monitoring Linux operating system variables and service performance is required and at the same time network analysis needs to be performed. TCP performance is highly affected by RTT, and Linux's operating system variable, the TCP retransmission parameter RTO\_MIN, is fixed at 200 msec. A fixed 200msec RTO\_MIN on a recently high-speed network does not fit the user's environment. we develop a system that automatically adjust RTO\_MIN to improve TCP web service performance. Through the experiments, it is confirmed that the proposed system automatically adjusts RTO\_MIN value to improve the system performance.

\* First Author : Soongsil University Department of IT Convergence, swimsun@naver.com, 정회원

<sup>o</sup> Corresponding Author : Soongsil University Department of IT Convergence, myoo@ssu.ac.kr, 정회원

논문번호 : 202105-100-B-RE, Received April 21, 2021; Revised May 20, 2021; Accepted May 21, 2021

## I. 서론

Linux 시스템을 이용한 TCP(Transmission Control Protocol) 웹 서비스는 인터넷 및 랜 환경에서 다양한 분야에 활용되고 있다. 대부분의 Linux 장비들은 TCP 기본 설정으로 동작시키고 있다. 서비스 목적에 최적화하기 위해 TCP 파라미터를 변경하려면 네트워크 서비스에 대한 전문적인 지식과 성능 모니터링 분석이 필요하다. 웹 서비스 성능향상을 위해 RTO(Retransmission Timeout) 조정하여 RTT(Round Trip Time)을 줄이는 연구가 진행되었다<sup>[1]</sup>. 근래의 4G(LTE)와 같은 통신망이 고속화되었고 사용자와 웹 서비스 간의 시간을 단축하기 위해 CDN과 미러링 분산 기술로 만족도 높은 서비스를 제공하고 있다. Linux RTO\_MIN(Minimum Retransmission Timeout)은 200msec로 고정되어 있어 최신 통신망 및 사용자 환경에 부합하지 않으며, RTO\_MIN 값을 낮추어 TCP 성능향상이 가능함을 검증하는 연구가<sup>[2]</sup> 진행되었다. 하지만 여전히 TCP 성능개선을 위한 현업의 적용에는 다양한 통신망과 서비스 특성을 분석하여 예측한 값을 적용 테스트해야 하는 실정이다.

본 논문에서는 통신환경과 서비스 기술의 발전에 따른 환경을 웹 서비스 성능개선에 반영하고 전문적 지식과 서비스 성능 모니터링을 통한 관리자의 분석이 없이도 200msec보다 작은 RTT를 가진 웹 서비스 환경에서 성능개선이 가능한 RTO\_MIN 값을 자동으로 찾아 운영체제에 실시간으로 자동적용하는 시스템 개발 연구를 주제로 다루고 있으며, 성능개선이 되는 RTO\_MIN을 자동으로 찾고 자동으로 운영체제에 적용하는 시스템에 대한 방법을 제시 및 개발과 검증에 목적에 있다.

## II. 기존 연구 및 제안 시스템

### 2.1 기존 연구 및 RTO\_MIN 적용기법

웹 서버와 사용자 간의 거리, 망의 혼잡, 전송대역 폭은 TCP RTT에 영향을 주고 있으며, 재전송 및 혼잡제어는 TCP 알고리즘에 의해 매우 빈번하게 동작하고 있으며 TCP 성능은 RTT에 매우 큰 영향을 미친다<sup>[3]</sup>, 기존의 연구는 TCP 성능개선을 위한 RTO\_MIN 값은 사전에 실험할 네트워크망의 패킷을 수집하고 RTT 분포 특성을 분석하여 값을 선택 후 적용하면서 데이터 처리량과 처리시간이 단축됨을 검증하는 연구로 iPerf TCP 테스트로 검증을 하였다<sup>[2]</sup>. 그림 1의 제안 시스템은 사전에 RTT 분포 특성을 분

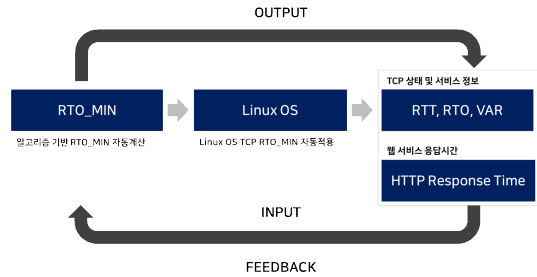


그림 1. 제안 시스템  
Fig 1. Suggestion System

석하는 작업이 필요하지 않고, 현재의 TCP RTO/RTT/VAR(Variance) 및 웹 서비스 응답시간을 기반으로 서비스 성능개선이 가능한 RTO\_MIN 값을 스스로 찾아 자동으로 적용하며, 웹 서비스 애플리케이션에 적용 가능한 점에서 기존 연구와 차별성이 있다.

RTO\_MIN 계산을 위해 TCP RTO/RTT/VAR 값을 사용하며 새로운 RTO\_MIN 적용 결과로 웹 서비스 성능정보를 실시간으로 확인하여 성능개선 여부를 파악하고, 다시 새로운 RTO\_MIN 계산 및 적용 여부를 판단한다. RTO\_MIN은 표 1에 계산식에 의해 정의하며 RTT 값의 반으로 새로운 RTO\_MIN을 계산 하되 RTT와 VAR 값이 반영되어 분산되는 값을 적용하기 위한 계산 방법이다.

표 1. RTO\_MIN 계산식 및 자동적용 기준  
Table 1. RTO\_MIN Formula and Auto apply criteria

RTO_MIN	Criteria(min)
Formula(msec)	$RTO\_MIN = \frac{RTO - (RTO - (RTT + VAR \times 2))}{2}$
Adjustment	[Condition] - Con① : $RTO - (RTT + VAR \times 2) > 0$ - Con② : HTTP Response Time > Improvement Rate > 1% [Adjustment] initial : Con① update : Con① and Con②
Return to previous	Etc.

### 2.2 제안 시스템 구성

웹 서비스 성능개선을 위한 RTO\_MIN 자동적용 에이전트 프로그램을 개발하였다. 검증 및 측정을 위한 시스템 그림 2 및 표 2의 구성으로 웹 서비스 부하는 JMter<sup>[4]</sup>를 이용하였으며 ㉠부하 서버에서 발생하며 JMeter와 웹 서비스 사이에 ㉡브리지 서버를 구성하여 부하 서버와 ㉢웹 서버를 네트워크로 구성하였

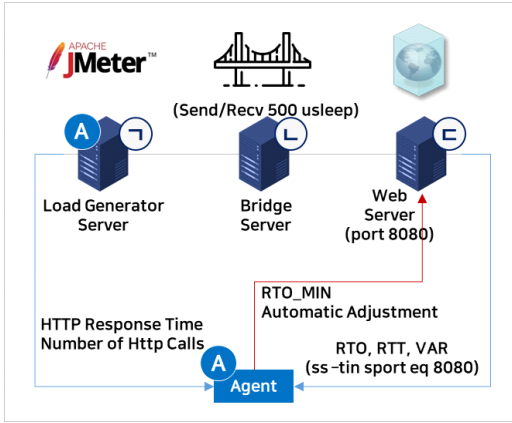


그림 2. RTO\_MIN 자동적용 시스템 실험구성도  
Fig 2. RTO\_MIN Automatic Adjustment experimental diagram

표 2. RTO\_MIN 자동적용 시스템 설정 및 기능  
Table 2. RTO\_MIN Automatic Adjustment system settings and features

type	configure	remark
㉠	Load Generator Server 30Thread Ramp_Up Period 0 Sec	JMeter
㉡	Bridge Server 500usec Bidirectional Delay, usleep(500)	PF_RING pfbri
㉢	Web Server HTTP Port 8080	Login Page
㉣	Agent Program [Data Gathering] RTO, RTT, VAR HTTP Response Time and Number Of Calls [RTO_MIN Adjustment]	Web Server

다. 브리지 서버에서는 패킷 지연에 의한 패킷 소실 및 재전송을 구현하기 위해 High-speed packet processing framework PR\_RING<sup>[5]</sup>의 pfbri

다. 브리지 서버에서는 패킷 지연에 의한 패킷 소실 및 재전송을 구현하기 위해 High-speed packet processing framework PR\_RING<sup>[5]</sup>의 pfbri

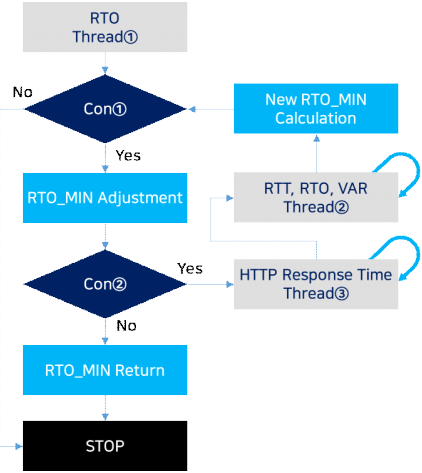


그림 3. 에이전트 프로그램  
Fig 3. Agent Program

롭게 반영된 RTO\_MIN의 결과로 웹 서비스 응답시간을 확인하여 개선 여부를 확인한다. 웹 서비스 응답시간이 개선되었으면 다시 수집되는 TCP 성능정보를 이용하여 새로운 RTO\_MIN을 계산하여 적용하여 개선 확인을 반복적으로 진행한다. 개선되지 않는 경우 이전 RTO\_MIN 값으로 회귀하여 진행을 중지한다.

그림 3의 RTO\_MIN 자동적용 프로그램인 Agent는 RTO\_MIN 적용을 위해 표 1의 적용 기준을 따르며, 새로운 RTO\_MIN 계산 및 적용을 위한 메인 Thread ①과 RTO/RTT/VAR를 수집하는 Thread ②, 웹 서비스 응답시간 정보를 수집하는 Thread ③으로 구성되어 동작한다.

### III. 실험

실험 결과 그림 4와 표 3의 ①에서 새로운 RTO\_MIN을 에이전트가 계산하고 적용하였으며 ②에서 이전 값 대비 17.1%의 응답시간 및 959건의 호출 성능개선을 확인하였으며 RTO\_MIN을 적용을 위한 기준 조건에 맞아 에이전트가 계산 및 자동적용하고 ③에서 이전 값 대비 2.8% 응답시간 시간 및 162건의 호출 횟수 성능개선이 되었음을 확인하였다. 다음 RTO\_MIN을 적용을 위한 기준 조건에 맞아 에이전트가 계산 및 자동적용하고 ④에서 이전 값 대비 0.3% 응답시간 및 15건의 호출 횟수 성능개선이 되었음을 확인하였으나 응답시간 개선율이 1% 이하로, 다음 RTO\_MIN 계산 및 적용의 기준에 부합하지 않아 에이전트가 적용을 중지하였다.

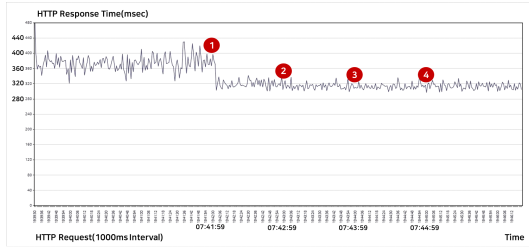


그림 4. RTO\_MIN 적용 실험 결과  
Fig 4. Experimental Result with RTO\_MIN Adjust

표 3. RTO\_MIN 자동적용 실험 결과  
Table 3. RTO\_MIN Automatic apply experimental results

Apply	Calculation RTO_MIN (msec)	RTO (msec, min avg)	HTTP Response		
			Time (msec, min avg)	Improvement Rate (%)	Request (min sum)
①	119	220.054	378	-	4617
②	91	153.737	323	17.156	5576
③	82	128.181	314	2.831	5738
④	Stop	119.315	313	0.354	5753

그림 5, 그림 6와 같이 계산 RTO\_MIN 적용에 대한 성능개선은 ① → ②에서 웹 서비스 응답시간이 약 17.1% 및 호출 횟수 959건으로 가장 크게 개선됨, ②

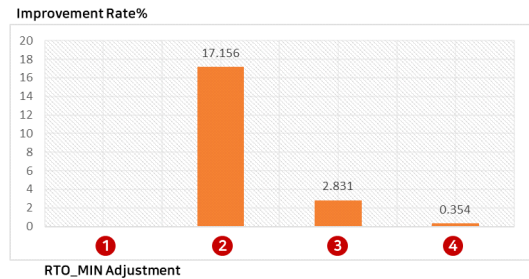


그림 5. 웹 서비스 응답시간 개선율  
Fig 5. Web service response time improvement rate

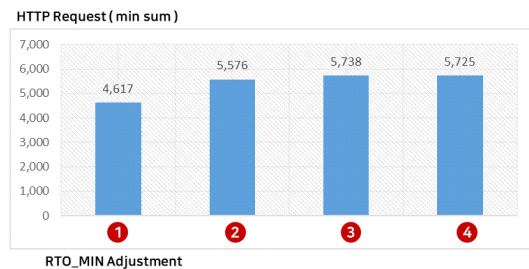


그림 6. 웹 서비스 호출 횟수 개선  
Fig 6. Improve the number of web service calls

→ ③에서 응답시간 약 2.8% 및 호출 횟수 162건 증가, ③ → ④에서 응답시간 0.3% 및 호출 횟수 15건 증가하였다.

그림 7은 웹 서비스 응답시간(분 평균), RTO(분 평균), 서비스 RTO\_MIN(분 평균), 웹 서비스 응답시간 표준편차(분 단위) 추이 그래프로, 웹 서비스 응답시간의 개선과 함께 표준편차도 계산 RTO\_MIN 적용에 따라 웹 서비스 응답시간 데이터들이 평균에서 분산 정도가 ① → ② 구간 119msec에서 91msec 개선되었으며 이후 92msec를 일정하게 유지하는 것을 확인하였다. 즉 웹 서비스의 응답시간과 분산이 같이 개선됨을 확인하였다.

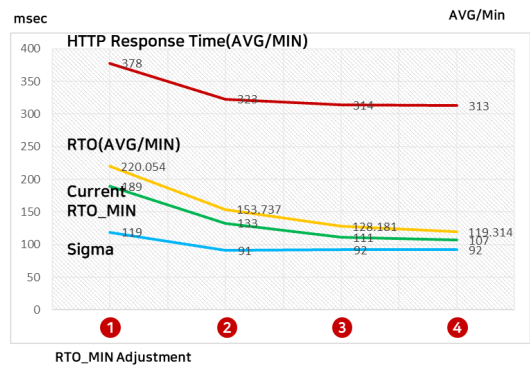


그림 7. 웹 서비스 응답시간 및 표준편차  
Fig 7. Web service response time and Standard deviations

#### IV. 결론

본 논문에서는 통신망 기술의 발전에 따른 웹 서비스 성능개선을 위한 RTO\_MIN의 적용이 사용자의 개입 없이 자동으로 적용 가능한 시스템 개발을 하였으며 연구의 내용으로 웹 서비스 성능정보를 피드백 한다는 점에서 다양한 웹 서비스 환경에서 스스로 적응하여 사용 가능함을 제시하였다.

향후 시스템 개선을 위해 브리지 서버의 일괄적 양방향 500usec 지연적용 개발환경을 패킷 소실 및 RTT의 분산이 매우 심한 환경에서도 적응하여 서비스 성능이 개선 가능한 연구가 추가로 필요하다. 또한 서비스 개선에 사용되는 다양한 운영체제에 커널 파라미터<sup>6)</sup>의 정보를 RTO\_MIN과 연계하여 서비스 성능개선이 가능한 Linux OS TCP 성능개선 파라미터 자동적용 시스템으로 발전시키고자 한다.

## References

- [1] J.-H. Kim and K.-H. Kwon, "Improving the performance of web server in ethernet by controlling the RTO" *J. IEEE Korea Council*, vol. 7, no. 2, pp. 265-270, 2003.
- [2] Y.-J. Jung and C. Park, "Experiments on measuring the distribution of TCP Round-Trip Time (RTT) in LTE environments and utilizing short TCP RTTs," in *Proc. 42nd KIISE Winter Conf.*, pp. 1600-1602, Pyeongchang, Dec. 2015.
- [3] J. Lee, "Round trip time based retransmission timer for advanced congestion control of CoAP/CoCoA," Sungkyunkwan Univ., Dept. of Electrical and Computer Engineering, 2017.
- [4] "JMeter User's Manual," <https://jmeter.apache.org/usermanual/index.html>
- [5] "PF\_RING," High-speed packet processing framework, [https://github.com/ntop/PF\\_RING](https://github.com/ntop/PF_RING)
- [6] J. Bainbridge and J. Maxwell, *Red Hat Enterprise Linux Network Performance Tuning Guide(2015),(2020.12.10.)*, [https://access.redhat.com/sites/default/files/attachments/20150325\\_network\\_performance\\_tuning.pdf](https://access.redhat.com/sites/default/files/attachments/20150325_network_performance_tuning.pdf)

## 손 병 흥 (Byeong-hong Son)



2001년 2월 : 홍익대학교 전자전기공학과 학사

2019년 9월~현재 : 숭실대학교 IT융합학과 석사과정

<관심분야> TCP/IP Communication, AI Object Detection, Robotics

[ORCID:0000-0002-5366-9467]

## 유 명 식 (Myungsik Yoo)



1989년 2월 : 고려대학교전자 공학과학사

1991년 2월 : 고려대학교전자 공학과석사

2000년 6월 : SUNY at Buffalo Dept. of EE 박사

2000년 9월~현재 : 숭실대학교 전자정보공학부 교수

<관심분야> Visible Light Communication, Cloud Systems, Sensor Network, Edge Computing.