

차세대 브이월드 아키텍처 구성을 위한 공개 소프트웨어 성능 비교 분석

Performance Comparative Analysis Of Open Source Software for the New Generation of V-World Architecture Configuration

장한솔* · 장준성** · 고준희*** · 장인성****

Jang, Han Sol · Jang, Jun Sung · Go, Jun Hee · Jang, In Sung

要 旨

전 세계적으로 정보통신기술의 발전과 융합을 통해 산업 전반에 걸쳐 소프트웨어의 영향력이 점차 증가 되고 있다. 기존의 하드웨어 중심에서 소프트웨어 중심으로 기술이 발전하고 있으며, 소프트웨어 안에서는 상용 소프트웨어의 사용을 탈피하고 공개 소프트웨어(OSS, open source software)의 활용이 늘고 있으며, 정부기관에서도 공개 소프트웨어의 사용 확대를 계획하고 있다. 이에 본 논문에서는 브이월드에서 실제 서비스하고 있는 데이터를 이용하여 WEB 서버 및 WAS(web application server) 서버의 5가지 공개 소프트웨어들의 4가지 조합으로 성능을 비교 분석하여 차세대 브이월드 아키텍처의 효율적인 구성을 위한 공개 소프트웨어의 선택 기준을 설정할 수 있는 지표를 얻고자 하였다.

핵심용어 : 공간정보, 오픈플랫폼, 브이월드, 공개 소프트웨어, 성능 비교

Abstract

Advance in Information and Communication Technology (ICT) is intensely influenced to increase importance of Software on global ICT industries. The trend of technological development has been transformed from hardware-oriented environment to software-oriented environment. This industrial transformation brought novel trend to Software market. Open Source Software (OSS) has been widely distributed for private uses. At the same time, many governmental offices are planning to expand the use of OSS. In this paper, we analyze the strength and weaknesses of OSSs for both Web and WAS servers based on 4 types of testing environments which are created by the combination of 5 selected OSSs. We anticipated to learn the optimal system architecture design for the next generation of V-World through this research.

Keywords : Spatial Information, Open Platform, V-world, Open Source Software, Performance Comparison

1. 서 론

컴퓨팅 시스템의 고성능화, 모바일 기술의 발전에 따른 스마트폰의 대중화, 모두가 연결되는 초고속 네트워크 등과 같은 정보통신기술의 발전으로 인하여, 정보통신기술 역사의 새로운 국면을 맞이하고 있다. 수년 전까지는 존재하지 않거나 성능과 가격 문제로 인해 활용

도가 부족했던 무인항공기, 자율 주행 자동차의 상용화가 급속히 이루어지고 있으며, 먼 미래의 기술로만 여겨졌던 인공지능 기술이 구글, 페이스북 등과 같은 기업에 의해서 일반 사용자에게 서비스되고 있다. 특히 주목할 만한 사실 중의 하나는 구글과 같은 유력 기업이 인공지능의 핵심 소프트웨어인 텐서플로우를 공개 소프트웨어로 외부 개발자들에게 공개했다는 점이다

Received: 2016.03.24, revised: 2016.05.25, accepted: 2016.05.26

* 정희원 · 아이씨티웨이(주) 정보기술연구소 선임연구원(Member, Assistant Researcher, IT Research Laboratory, ICTWAY, hsjang@ictway.co.kr)

** (주)에스엔에이 기술지원팀 팀장(Team Manager, Technical Support Team, SNA, swat@snainfo.com)

*** 정희원 · 아이씨티웨이(주) 정보기술연구소 연구소장(Member, Senior Researcher, IT Research Laboratory, ICTWAY, jhgo@ictway.co.kr)

**** 교신저자 · 한국전자통신연구원 공간정보기술연구실 실장(Corresponding Author, Senior Researcher, Spatial Information Technology Research Team, ETRI, e4dol2@etri.re.kr)

(ZDNet Korea, 2016). 이처럼 프로젝트를 공개하면 훨씬 더 많은 사용자가 프로젝트에 기여할 수 있게 되며, 해당 기업 내에서 생각하지 못했던 사용 사례들이 기여자들을 통해 드러나게 될 가능성이 높다(ITWORLD, 2015). 또한, 세계적인 소프트웨어 기업 중에서 가장 폐쇄적인 정책을 펼쳐 왔던 마이크로소프트사도 최근에 공개 소프트웨어 프로젝트에 적극적으로 참여하여 이클립스재단에 가입하고 비주얼스튜디오와 이클립스를 통합하겠다고 발표하였다(ZDNet Korea, 2016). 이 밖에도 대표적인 국내 정부기관인 정부통합전산센터도 기존 고가의 외산 중심 정보기술 환경을 국산장비와 공개 소프트웨어 중심으로 전환한다는 목표아래 공개 소프트웨어를 50% 이상 도입할 계획을 발표했다(National Computing and Information Service, 2015). 또한, 산업계에 많은 기회와 변화를 몰고 오고 있는 기술인 클라우드, 빅데이터, 사물인터넷 등의 기술들도 OpenStack, Hadoop, 리눅스 등의 공개 소프트웨어에 그 근간을 두고 있다. 이러한듯 모든 산업 전반에 걸쳐 공개 소프트웨어가 대대적으로 확산되고 있으며 IDC 보고서에 의하면, 전 세계 공개 소프트웨어 매출은 Fig. 1과 같이 2015년 619억 달러를 기록했으며, 연평균 18.8%의 성장률을 보였고, 2017년에는 900억 달러에 이를 것으로 전망하였다. 또한, 국내 공개 소프트웨어 시장은 Fig. 2와 같이 2009년 이후 급속히 성장하여, 2015년 352억

원을 기록했으며, 연평균 23.4%의 성장률을 보여 주고 있다(Open Source Software Portal, 2015).

현재 국가가 보유한 공간정보를 국민이 편리하게 사용할 수 있도록 전국 단위의 영상지도, 3차원 공간데이터 등 다양한 공간정보를 제공하고 있는 개방형 오픈플랫폼 서비스인 V-World Map(이하 브이월드) 시스템도 WEB 서버, WAS 서버에 상용 소프트웨어를 대신할 수 있는 공개 소프트웨어를 도입하는 것이 현재의 기술 흐름과 발전 방향에 부합 될 것으로 보인다. 하지만 이러한 흐름에서 중요하게 고려해야할 사항은 ‘수많은 공개 소프트웨어 중에서 더 나은 총 소요 비용(TCO, total cost of ownership), 성능 향상 그리고 더 나은 안정성을 확보하기 위해 어떤 공개 소프트웨어를 선택할 것인가?’에 대한 합리적인 검증 방법이다. 공개 소프트웨어의 적합한 선택을 위해서는 공개 소프트웨어들에 대한 성능 테스트를 통한 합리적인 검증이 선행되어야 한다. 이에 본 논문에서는 브이월드에서 실제로 서비스 하고 있는 데이터들을 기반으로 WEB 서버 및 WAS 서버의 공개 소프트웨어의 성능을 비교 분석하여 차세대 브이월드 아키텍처의 효율적인 구성을 위한 공개 소프트웨어의 선택 기준을 설정하는데 도움이 되는 지표 를 얻고자 하였다.

2. 관련 연구

Kim and Rhew(2006)는 공개 소프트웨어가 가지는 특성과 위험요소를 고려하여 공공기관의 중요한 시스템에 공개 소프트웨어를 도입하기 위한 벤치마크 테스트의 절차를 제시하고 이를 적용하여 성능 검증 및 최적화 작업을 수행하였다. 검증을 위해 선정된 NEIS (national education information system) 교무업무시스템과 같이 WEB 서버 및 WAS 서버 기반의 웹서비스인 브이월드 시스템의 공개 소프트웨어에 대한 성능 비교를 위해 제시된 절차의 한 가지 방법인 과부하 테스트를 사용하는 것이 의미가 있을 것이라고 판단하였다. 과부하 테스트를 사용하여 WEB 서버 및 WAS 서버의 공개 소프트웨어의 성능을 비교한 기존의 다양한 연구들도 이러한 판단을 뒷받침한다.

그 중 하나로 Dabkiewicz(2010)는 공개용 WEB 서버 소프트웨어인 Apache HTTP Server(The Apache Software Foundation, 2015)(이하 Apache)와 NginX (Nginx, 2016)에 대해 과부하 테스트를 사용하여 동적 파일과 정적 파일에 대한 두 소프트웨어의 성능을 비교 하였다.

이러한 연구결과들을 기반으로 현재 브이월드에서



Figure 1. OSS sales in global market



Figure 2. OSS sales in korean market

서비스 중인 지도데이터 전체를 대상으로 공개 소프트웨어(WEB서버 및 WAS서버)의 성능을 비교 분석하고 현 브이월드 운영 시스템에서 적용 가능한 공개 소프트웨어를 선정하는 것이 향후 차세대 브이월드 아키텍처 구성에 있어서 도움을 줄 수 있다고 판단된다.

3. 공개 소프트웨어

3.1 공개 소프트웨어의 정의 및 특징

공개 소프트웨어는 저작권자가 소스코드를 공개하여 누구나 사용, 복제, 배포, 활용할 수 있는 소프트웨어를 말한다.

공개 소프트웨어의 가장 큰 특징은 소스코드가 공개되어 있어 누구나 자유롭게 사용할 수 있으며, 저비용으로 시스템 구축이 가능하고, 특정벤더에 대한 의존성이 감소되며, 소프트웨어의 수정과 배포가 용이하다는 것이다(Nam et al., 2009). 특히 많은 사람들이 이용하고 자유롭게 수정하여 공유할 수 있기 때문에 시장 경쟁력을 확보할 수 있다. 뿐 만 아니라 보안, 품질 및 성능적인 면에서도 상용 소프트웨어 보다 더 나은 면을 보여 준다는 것도 공개 소프트웨어를 사용하는 또 하나의 이유라는 것이 여러 분야에서 발표되고 있다. 그 중 하나로 2015년 오픈소스 미래 설문조사의 결과에 따르면 응답자의 55%가 보안과 품질 면에서 상용 소프트웨어 보다 낫다고 믿고 있고 78%가 실제로 공개 소프트웨어를 사용하고 있다고 밝혔다(North Bridge Venture Partners and Black Duck Software, 2015).

3.2 공개 소프트웨어의 구분 및 대상 선정

현재 브이월드에서 제공 중인 2D 및 3D 지도 서비스는 빠른 서비스를 위하여 사용자 요청 시 마다 데이터베이스에서 검색하여 제공하는 방식이 아닌, 미리 생성해둔 격자 단위의 파일을 서비스하는 방식을 취하고 있으며, 이러한 서비스를 위해서 브이월드에서는 WEB 서버와 WAS 서버 소프트웨어를 활용하고 있다. 이에 본 논문에서는 공개 소프트웨어 중 WEB 서버와 WAS 서버를 선정대상으로 삼았으며, 여러 가지 WEB/WAS 서버 공개 소프트웨어들의 시장점유율, 적용사례, 지원 체계 및 전문기관의 신뢰성 테스트 여부를 조사하여 이를 기준으로 성능분석 대상을 선정하였다(Open Source Software Portal, 2015).

3.2.1 WEB 서버

WEB 서버란 웹브라우저와 같은 클라이언트로부터 HTTP 요청을 받아들이고, HTML 문서와 같은 웹페이

Table 1. OSS for web server

SW	Market Share	Case	Support System	Tested
Apache	more than 50% of total	many	prof./community ¹⁾	O
NginX		many	community	O
Lighttpd	-	a few	community	O
Monkey	-	a few	community	X
Caudium	-	a few	prof./community	X

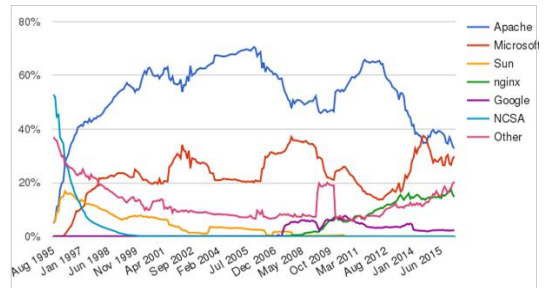


Figure 3. Web server survey(Feb, 2016, NetCraft)

지를 반환하는 소프트웨어이며, 공개용 WEB 서버에 대한 성능분석 대상 조사결과는 Table 1과 같다.

2016년 영국계 인터넷 서비스 회사인 NetCraft에서는 전 세계 WEB 서버 시장의 점유율을 발표하였고 그 결과는 Fig. 3과 같다(NetCraft, 2016). 유료 소프트웨어인 마이크로소프트의 IIS를 제외 하면 Apache, NginX가 전체의 50% 정도의 점유율을 차지하고 있다. Apache는 1996년 4월 이후 가장 인기 있는 WEB서버로서, 아파치재단에서 관리하고 효율적이고 확장 가능한 표준 웹서비스 솔루션을 제공하는 것을 목적으로 삼고 있다. NginX는 차세대 웹서버로 불리고 있으며, 새로운 시대의 요청에 부응해서 잘 사용하지 않는 기능을 제외하고 높은 성능에 맞추어 개발된 WEB서버이다. 이에 본 논문에서는 공개용 소프트웨어 성능 테스트의 WEB 서버 부분에서 Apache와 NginX를 선정하였다.

3.2.2 WAS 서버

WAS 서버는 인터넷상에서 HTTP를 통해 사용자 컴퓨터나 장치에 어플리케이션을 수행하는 소프트웨어이다. WEB 서버와 달리 동적 서버 콘텐츠를 수행하는 것이 특징이며, 주로 업무를 처리하는 비즈니스 로직을 수행하며, 공개용 WAS 서버에 대한 성능분석 대상 조사결과는 Table 2와 같다.

1) prof. : professional support(전문업체 기술지원)
community : community support(커뮤니티 기술지원)

Table 2. OSS for WAS server

SW	Market Share	Case	Support System	Tested
Tomcat	more than 70% of total	many	prof./community	O
WildFly		many	prof./community	O
Jetty	-	a few	community	X
GlassFish	-	a few	prof./community	O
Resin	-	a few	prof./community	O

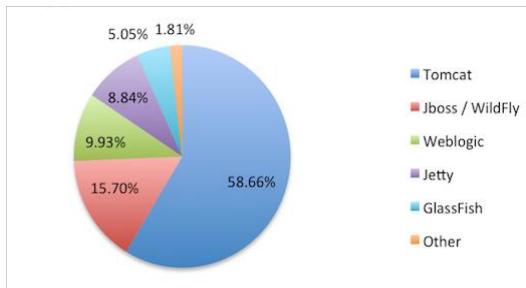


Figure 4. Application server market share 2015

2015년 소프트웨어 개발도구 제작 회사인 Plumber에서는 WAS 서버 시장의 점유율을 발표하였고 그 결과는 Fig. 4와 같다. 상용 소프트웨어인 오라클의 WebLogic이 약 9.93%, 공개 소프트웨어인 Tomcat, JBoss, WildFly가 전체의 70% 이상을 차지하고 있다 (Plumber, 2015).

Tomcat은 아파치 소프트웨어 재단에서 개발하였으며 대규모의 산업, 기업 및 조직 등 다양한 범위에 걸쳐 널리 사용되고 있는 WAS 서버이다(The Apache Software Foundation, 2016). WildFly는 JBoss의 공개용 소프트웨어로서 JBoss AS8 버전부터 JBoss에서 WildFly로 이름이 변경 되었으며 비동기 통신 라이브러리(ex:Netty)를 지원한다(Red Hat, 2016).

기존 대다수의 WAS 서버는 HTTP 요청이 들어오면, 스레드 풀에 있는 스레드에 할당되어 처리하고 작업이 끝난 스레드는 다시 스레드 풀로 돌아가는 방식을 취하고 있다. 이러한 방식은 순간적으로 동시에 처리할 수 있는 요청이 스레드 풀의 스레드 수 만큼이고 이는 활용할 수 있는 서버 자원의 한계에 따라 제한적이다.

서비스의 규모와 용량이 점점 커지고 복잡해짐에 따라 동시에 많은 양의 요청을 처리해야 하는 요구가 발생하고 있으며, 이를 처리하기에는 멀티스레드 방식으로는 한계가 존재한다.

이러한 요구사항과 필요에 의해 등장한 것이 비동기식 서버 프레임워크이다. 이는 싱글 스레드 기반의 비

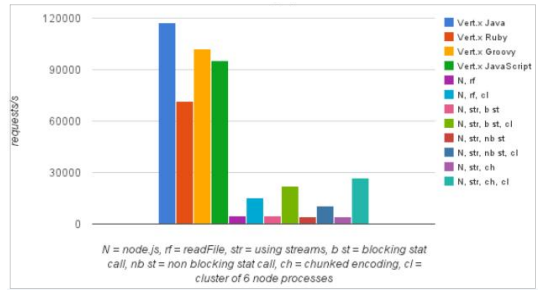


Figure 5. Performance comparison(72byte return)

동기 IO(Input/Output)를 지원하여, CPU가 IO 응답을 기다리는 시간이 필요 없고, 대부분의 연산 작업에 사용되기 때문에 높은 효율성을 가진다.

비동기식 서버 프레임워크로 대표적인 공개 소프트웨어에는 Node.js와 Vert.X가 있으며, Node.js가 많은 레퍼런스를 가지고 있지만, Vert.X가 성능과 안정성 면에서 보다 높은 평가를 받고 있으며 그 성능은 Fig. 5와 같다(Vert.X Project, 2012).

이에 본 논문에서는 공개용 소프트웨어 성능 테스트의 WAS 서버 부분에서 동기식 방식 기반의 Tomcat과 WildFly와 비동기식 방식 기반의 Vert.X를 선정하였다.

4. 공개 소프트웨어 성능 테스트

4.1 성능 테스트 환경구성

본 논문에서는 향후 발전된 차세대 브이월드 아키텍처를 구성함에 있어 공개 소프트웨어의 활용을 통한 총 소유비용의 감소와 서비스 성능의 향상을 테스트의 목표로 삼았다. 이를 위하여 Fig. 6과 같이 현재 브이월드와 동일한 구조인 WEB 서버, WAS 서버, DB 서버를 분리하는 3-Tier 형태로 구성하였으며 이들의 하드웨어 사양은 Table 3과 같다. 이 하드웨어에 3.2장에서 선정한 공개 소프트웨어를 설치하고 현 브이월드에 적용된 WEB-WAS 구조로 구성 가능한 3개의 조합과 독립적으로 운용되는 Vert.X를 구성하였으며 그 버전과 조합은 Table 4와 같다.

Table 3. Server lists for test environment

Node	Specification
WEB Server	X3650M3 2.67GHz*12Cores, 16GB, CentOS 6.7
WAS Server	X3650M3 2.67GHz*12Cores, 16GB, CentOS 6.7
DB Server	IBM P750, AIX6.1

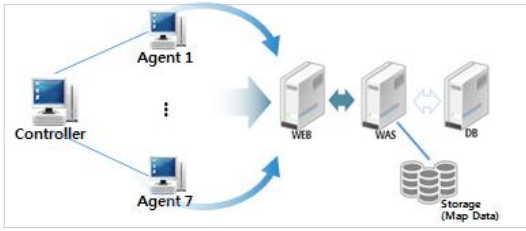


Figure 6. Test environment of OSS performance

Table 4. OSS configuration for test environment

	WEB S/W	WAS S/W
Case 1	Apache 2.2.15	Tomcat 8.0.26
Case 2	NginX 1.0.15	Tomcat 8.0.26
Case 3	NginX 1.0.15	WildFly9
Case 4	-	Vert.X 2.1.6

4.2 성능 테스트 수행

4.2.1 성능 테스트 방법

본 논문에서는 NHN이 2011년부터 공개 소프트웨어로 발표한 nGrinder를 성능 테스트 도구로서 사용하였다. Fig. 6과 같이 nGrinder 컨트롤러 1대와 에이전트 7대를 설치하였고 사전에 작성된 스크립트를 이용하여 컨트롤러에서 각각의 에이전트들을 제어하여 가상 유저를 생성 및 부하를 주는 방법으로 성능 테스트를 실시하였다.

사용자 증가에 따른 성능의 변화를 확인하기 위하여 300명, 1,750명, 3,500명의 규모로 가상 사용자를 증가시키며 2분 동안 집중적으로 사용자 요청을 발생시키는 방식으로 성능 테스트를 실시하였다. 또한 가상 사용자 3,500명의 테스트는 5분간의 테스트를 진행하여 부하 시간 량에 따른 성능 변화도 확인하였다.

성능 비교 지표로써 정보시스템 운영 성과관리 지침 (행정자치부고시 제2015-44호, 개정 2015.12.14.) 의 정보시스템 성능관리 지침에서 가장 중요한 성능지표로 선정된 TPS(transaction per second, 단위시간당 처리 건수)와 평균 응답시간을 사용하였으며, 추가적으로 시스템의 신뢰성 검증을 위한 오류 건수도 함께 포함하였다.

4.2.2 성능 테스트 시나리오

현재 브이월드 시스템은 사용자 서비스 측면에서는 Portal서비스, 2D서비스, 3D서비스로 구분 되어 서비스가 제공되고 있다. Portal서비스는 개발자 지원 서비스, 검색 및 사용자 참여 서비스 등의 다양한 정보를 제공하며, 2D 서비스는 2차원 지형도를 포함한 각종 주제도 및 속성(부동산, 건축물 등) 정보 등을 제공하며,

Table 5. Preset scenarios for test environment

# of User	300	1,750	3,500	3,500
Test time	2 min	2 min	2 min	5 min
3D Scenario	To zoom in/out and move map of Gangnam station area in 3D building mode			
2D Scenario	To zoom in/out and move map of Gangnam station area in 2D map			
Test Item	Average TPS, Average Response Time(ms), # of Errors			

3D 서비스는 3차원 지형도 서비스, 3D 건물 콘텐츠, 고해상도 텍스처 등의 정보를 제공한다. 브이월드에서 사용자들에게 제공하는 다양한 서비스들 중에서 가장 많이 사용하는 서비스는 3D 건물 모드와 2D 배경지도 모드에서 특정 지역 일대의 지도를 확대/축소/이동하며 원하는 위치를 찾는 서비스이다. 그러므로 이번 테스트에서는 Table 5와 같이 3D 건물 모드와 2D 배경지도 모드에서 강남역 일대의 지도를 확대/축소/이동하는 상황을 두 번째 시나리오로 선정하였다.

4.3 성능 테스트 결과

차세대 브이월드 아키텍처 구성에 있어 방향을 제시하고자 하는 목적으로 진행된 공개 소프트웨어의 성능 테스트 결과는 다음과 같다.

4.3.1 동시 사용자 300명 / 2분

첫 번째 테스트는 3개의 에이전트에서 각각 10개의 프로세스로 10개의 쓰레드를 이용하여 최대 300명의 동시 사용자를 생성하여 2분간 부하를 생성하여 주고 그 결과로 얻어진 평균 TPS와 평균 응답시간을 정리하였다.

300명의 동시 사용자 및 2분간의 성능 테스트 결과는 Table 6, Figs. 7 and 8과 같다. 3D 건물 모드, 2D 배경지도 모드에서 평균 TPS는 Case 4인 Vert.X가 가장 높은 성능을 보여주고 있다. 평균 응답시간은 3D 건물 모드에서는 Case 4인 Vert.X와 Case3인 NginX+WildFly가 동일한 응답속도로 나왔으며, 2D 배경지도

Table 6. Test results 1 - 300 con-current users

		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
3D	TPS	3,075	3,041	3,008	3,140
	Res-time	93	94	91	91
	Error	0	0	0	0
2D	TPS	3,402	3,371	3,361	3,523
	Res-time	84	85	82	81
	Error	0	0	0	0

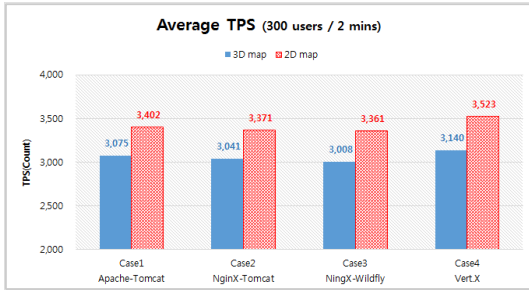


Figure 7. Average transaction per second

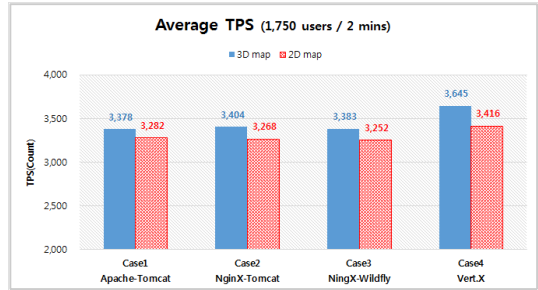


Figure 9. Average transaction per second

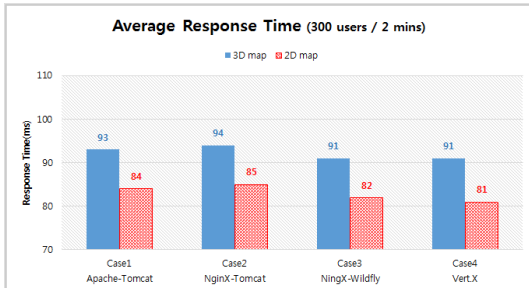


Figure 8. Average response time(ms)

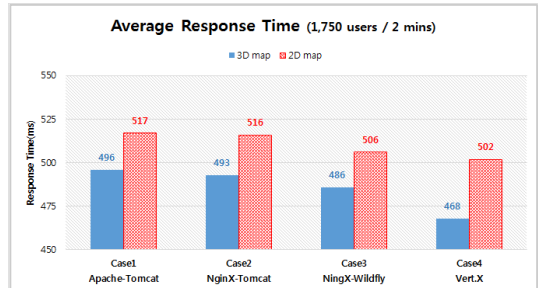


Figure 10. Average response time(ms)

모드에서는 Case 4인 Vert.X가 Case3인 NginX+WildFly보다 1ms의 응답속도가 빠른 것으로 나타났다. 그러나 각 테스트 Case 간의 평균 TPS 수치와 응답시간이 차이가 매우 미비하여 성능 상의 우위를 판단하기에는 적합하지 않다고 판단했다.

4.3.2 동시 사용자 1,750명 / 2분

두 번째 테스트는 7개의 에이전트에서 각각 5개의 프로세스로 50개의 쓰레드를 이용하여 최대 1,750명의 동시 사용자를 생성하여 2분간 부하를 주고 그 결과로 얻어진 평균 TPS와 평균 응답시간을 정리하였다.

1,750명의 동시 사용자 및 2분간의 성능 테스트 결과는 Table 7, Figs. 9 and 10과 같다. 평균 TPS는 Case 4인 첫 번째 테스트와 마찬가지로 Vert.X가 3D 건물 모드 및 2D 배경지도 모드에서 가장 좋은 성능이 나타

났다. 평균 응답시간의 테스트 결과도 Case 4인 Vert.X가 두 가지 서비스에서 가장 빠른 응답 속도를 보였다. 또한, Table 7에서 보듯이 Case 1과 Case 2에서 오류가 발견되었다. 발견된 오류는 3D 건물 지도와 2D 배경지도에서 지도를 확대/축소/이동하는 과정에서 서버로부터 아무런 응답이 없었던 경우이다. Case 1과 Case 2에서 소수의 오류가 발견되었고, Case 3과 Case 4에서는 발견되지 않았다. 즉, Case 3인 NginX+WildFly와 Case 4인 Vert.X가 가장 안정적인 테스트 결과를 보였다고 판단하였다.

4.3.3 동시 사용자 3,500명 / 2분

세 번째 테스트는 7개의 에이전트에서 각각 10개의 프로세스로 50개의 쓰레드를 이용하여 최대 3,500명의 동시 사용자를 생성하여 2분간 부하를 주고 그 결과로 얻어진 평균 TPS와 평균 응답시간을 정리하였다.

3,500 명의 동시 사용자 및 2분간의 성능 테스트의 결과는 Table 8, Figs. 11 and 12와 같다. 이 테스트에서도 역시 평균 TPS는 Case 4가 3D 건물 모드 및 2D 배경지도 모드에서 가장 좋은 성능이 나타나는 것으로 나왔다. 평균 응답시간도 Case 4인 Vert.X가 3D 건물 모드 및 2D 배경지도 모드에서 가장 빠른 응답 속도를 보였다. 또한, Table 8에서 보듯이 Case 1과 Case 2에

Table 7. Test results 2 - 1,750 con-current users

		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
3D	TPS	3,378	3,404	3,383	3,645
	Res-time	496	493	486	468
	Error	0	12	0	0
2D	TPS	3,282	3,268	3,252	3,416
	Res-time	517	516	506	502
	Error	1	17	0	0

Table 8. Test results 3 - 3,500 con-current users

		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
3D	TPS	3,427	3,563	3,689	3,749
	Res-time	960	911	829	886
	Error	0	22	0	0
2D	TPS	2,851	2,799	2,814	3,024
	Res-time	1,165	1,164	1,131	1,106
	Error	1	17	0	0

Table 9. Test results 4 - 3,500 con-current users 2

		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
3D	TPS	3,159	3,165	3,101	3,406
	Res-time	1,073	1,042	1,028	995
	Error	7	323	168	0
2D	TPS	3,209	2,943	2,948	3,375
	Res-time	1,064	1,130	1,100	1,020
	Error	16	240	211	0

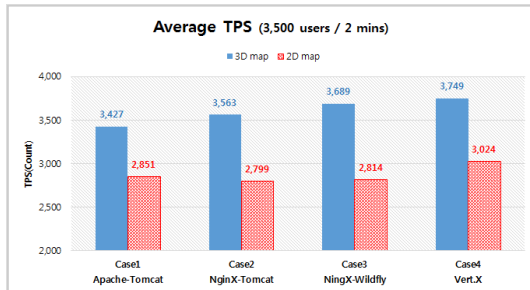


Figure 11. Average transaction per second

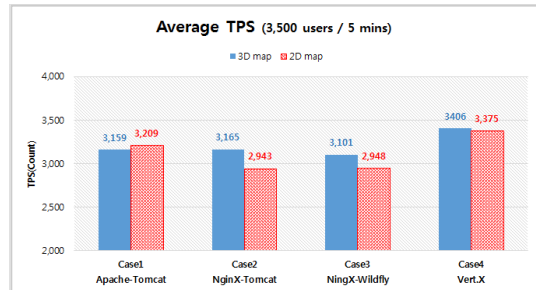


Figure 13. Average transaction per second

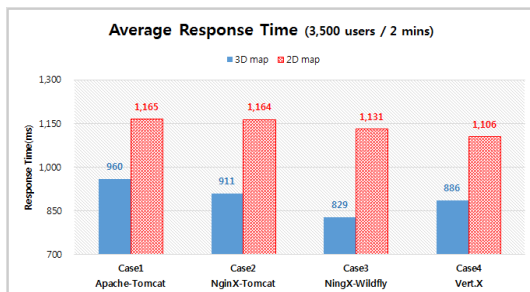


Figure 12. Average response time(ms)

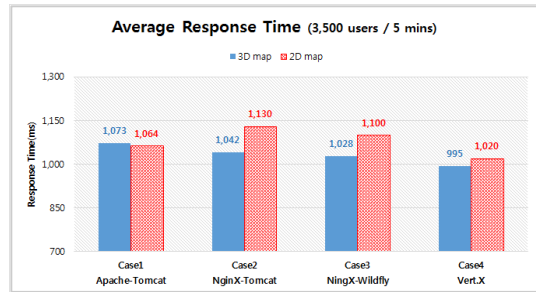


Figure 14. Average response time(ms)

서 오류가 발견되었다. Case 3과 Case 4에서는 오류가 발견되지 않았다. 이번 테스트에서도 역시 Case 3인 NginX+WildFly와 Case 4인 Vert.X가 가장 안정적인 테스트 결과를 보였다고 판단하였다.

4.3.4 동시 사용자 3,500명 / 5분

마지막 테스트는 7개의 에이전트에서 각각 10개의 프로세스로 50개의 쓰레드를 이용하여 최대 3,500명의 동시 사용자를 생성하여 5분간 부하를 주고 그 결과로 얻어진 평균 TPS와 평균 응답시간을 정리하였다. 이번 테스트의 목적은 부하 시간을 2배 이상 증가 하였을 경우 4.3.3과의 결과 값을 비교하여 성능 상의 차이점을 확인하는 것이다.

3,500명의 가상 사용자 및 5분간의 성능 테스트의 결과는 Table 9, Figs. 13 and 14와 같다. 이 테스트에서

도 평균 TPS는 Case 4가 3D 건물 모드 및 2D 배경지도 모드에서 가장 좋은 성능이 나타나는 것으로 나타났다. 평균 응답시간도 Case 4인 Vert.X가 3D 건물 모드 및 2D 배경지도 모드에서 가장 빠른 응답 속도를 보여주었다. 또한 부하 시간을 2배 이상 증가하여도 결과 값에는 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 확인하였다. 또한, Table 9에서 보듯이 Case 1과 Case 2와 Case 3에서는 오류가 발견되었으며, Case 4에서는 오류가 발견되지 않았다. 이번 테스트에서는 Case 4인 Vert.X가 가장 안정적인 테스트 결과를 보였다.

5. 결론 및 향후연구

전 세계적으로 공개 소프트웨어의 활용이 확산되고 있다. 이러한 현상은 단순히 비용적인 측면뿐만 아니라

보안과 성능 상의 이유가 더 크다는 분석이 지배적이다. 브이월드 서비스는 2012년 시범서비스를 시작한 이후 지속적인 사용자 증가가 이루어지고 있고, 또한 공공기관 및 민간 기업의 다양한 업무분야에서 브이월드 서비스의 콘텐츠를 활용하고 있다. 향후, 브이월드 서비스의 지속적인 증가를 대비하여 차세대 브이월드 아키텍처를 구성함에 있어서 공개 소프트웨어에 대한 보안 및 성능과 관련한 다양한 테스트를 통하여 공개 소프트웨어의 사용 확대 및 신규 도입의 유효성을 검증하는 것은 매우 중요하다고 판단된다.

이에 본 논문에서는 현재 브이월드에서 서비스 중인 모든 지도데이터를 이관하고 브이월드의 대표적인 서비스를 기반으로 WEB/WAS 서버 공개 소프트웨어의 성능 테스트를 실시하였다.

성능 테스트 결과, 첫 번째로 TPS 측면에서 보면 3D 건물 모드에서는 Vert.X가 가장 우수한 성능을 보였으며 NginX+WildFly, NginX+Tomcat, Apache+Tomcat 조합 순으로 나타났으며, 2D 배경지도 모드에서는 Vert.X, Apache+Tomcat 조합 순으로 나타났으며 NginX+WildFly, NginX+Tomcat 조합이 가장 낮은 성능인 것으로 나타났다. Vert.X의 성능을 100으로 봤을 때 각 조합별 TPS 성능은 Table 10과 같다.

두 번째로 평균 응답시간 측면에서 보면 3D 건물 모드에서는 Vert.X가 가장 우수한 성능을 보였으며 NginX+WildFly, NginX+Tomcat, Apache+Tomcat 조합 순으로 나타났으며, 2D 배경지도 모드에서는 Vert.X, NginX+WildFly, Apache+Tomcat, NginX+Tomca 조합 순으로 나타났다. Vert.X의 성능을 100으로 봤을 때 각 조합별 평균 응답시간 성능은 Table 11과 같다.

마지막으로 오류 건수 측면에서 보면 동시 사용자 300명일 때는 모든 조합에서 오류가 발생하지 않다가, 동시 사용자수가 증가되면서 Apache+Tomcat, NginX+Tomcat 조합에서 오류가 발생하기 시작하는 것을 알

Table 10. Result of comparative analysis by TPS

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
3D	94.0	95.1	95.7	100
2D	95.6	94.6	94.6	100

Table 11. Result of comparative analysis by avg. response time

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
3D	94.5	96.2	99.7	100
2D	96.0	95.7	98.6	100

수 있었다. 특히, 동시 사용자수 3,500명에서 5분 동안 부하를 지속시켰을 때 Vert.X를 제외한 모든 조합에서 오류 건수가 증가하는 것으로 나타났다.

TPS, 평균 응답시간, 오류 건수 등을 종합적으로 분석하면 성능과 안정성 측면에서 Vert.X가 가장 우수하고 그 다음이 NginX+WildFly 조합인 것으로 확인되었다.

다만, 비동기식 프레임워크인 Vert.X를 적용할 경우 그 방식의 차이에 따라 현재 소스코드의 수정이 불가피하다. 이에, 현재 브이월드에서 주로 업무로직을 처리하는 Portal서비스에는 NginX+WildFly 조합을 적용하고, 단순하게 지도데이터만을 서비스하는 2D/3D지도 서비스 부분에는 Vert.X를 적용하면 최소의 노력으로 최대의 성능향상이 가능하리라 판단된다. 향후, 공개 소프트웨어의 도입과 적용 시 안정적인 운영방안에 대한 연구가 필요하다.

본 연구는 인프라 측면에서는 현재 운영 중인 브이월드 시스템에 비해 축소된 환경에서 성능 분석을 수행하였지만, 데이터 측면에서는 현재 운영 중인 브이월드 시스템의 전체 지도 데이터를 이관하여 활용하였다. 이에 향후 차세대 브이월드 아키텍처 구성과 공개 소프트웨어의 선택에 있어 적절한 기준을 설정할 수 있는 지표를 얻었다고 판단되어진다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 공간정보 오픈플랫폼 인프라 고도화 기술 개발 사업의 연구비지원(13 도시건축 A02)에 의해 수행되었습니다.

References

1. Dabkiewicz, S., 2010, Web server performance analysis, Lia project, University of Amsterdam, Netherlands, pp. 1-14.
2. ITWORLD, 2015, 4 reasons why it is important news that Google announces TensorFlow as an open-source, ITWORLD, <http://www.itworld.co.kr/news/96498>
3. Kim, D. Y. and Rhew, S. Y., 2006, A study for verification procedures on open-source software via benchmark testing, Journal of the Korea society of IT services, Vol. 5, No. 3, pp. 99-108.
4. Nam, S. K., Oh, Y. S., Kim, T. H., Kang, J. A. and Kim, J. W., 2009, Developing an urban ground facilities management system based on u-GIS using

- an opensource GIS software, Journal of the Korean society for geo-spatial information system.
5. NCIS, 2015, Government integrated data center declared a new vision with celebrating its 10th anniversary, NCIS, http://www.ncis.go.kr/ncia_MIS/board/dev/board/board.jsp?menu_num=3015
 6. NetCraft, 2016, March 2016 web server survey, NetCraft, <http://news.netcraft.com/archives/2016>
 7. Nginx, 2016, Nginx, Nginx, <http://nginx.org/en/>
 8. North Bridge Venture Partners and Black Duck Software, 2015, The 2015 future of open source survey, North Bridge Venture Partners and Black Duck Software, <https://www.blackducksoftware.com/resources/webinar/2015-future-open-source-survey-r> results
 9. Open Source Software Portal, 2015, Open source software solution list for server, National IT Industry Promotion Agency, http://www.oss.kr/oss_repository12/636974
 10. Open Source Software Portal, 2015, Open source software trend, National IT Industry Promotion Agency, http://www.oss.kr/oss_intro03
 11. Plumb, 2015, Most popular Java EE containers: 2015 edition, <https://plumbr.eu/blog/java/most-popular-java-ee-containers-2015-edition>
 12. Red Hat, 2016, About WildFly, Red Hat, <http://wildfly.org/about/>
 13. The Apache Software Foundation, 2015, The Apache HTTP server project, The Apache Software Foundation, <http://httpd.apache.org>
 14. The Apache Software Foundation, 2016, Apache Tomcat, The Apache Software Foundation, <http://tomcat.apache.org/>
 15. Vert.X Project, 2012, Test 2 - serve small static file - single processes, Vert.X Project, <http://vertxproject.wordpress.com/2012/05/09/vert-x-vs-node-js-simple-http-benchmarks/>
 16. ZDNet Korea, 2015, Google announces TensorFlow, an open-source machine learning endeavor, ZDNet Korea, http://www.zdnet.co.kr/news/news_view.asp?article_id=20151110080940
 17. ZDNet Korea, 2016, Microsoft made the shocking news related to open source in two days, ZDNet Korea, http://www.zdnet.co.kr/news/news_view.asp?article_id=20160309142438