

# 공간정보 오픈플랫폼 서비스의 성능 분석 및 자원 재조정 방안에 관한 연구

## A Study on Performance Analysis and Resource Re-distribution Method of the Spatial Information Open Platform Service

장한솔\* · 고준희\*\* · 김민수\*\*\* · 장인성\*\*\*\*

Han Sol Jang · Jun Hee Go · Min Soo Kim · In Sung Jang

**요약** 2012년 1월부터 공간정보 오픈플랫폼의 서비스가 시작된 이래로, 서비스가 늘어남에 따라 서비스 이용자수와 시스템의 규모가 크게 증가하게 되었다. 그러나 이러한 오픈플랫폼 시스템이 가지고 있는 하드웨어 자원들이 어느 수준의 서비스를 처리할 수 있는지에 대한 자세한 분석 결과는 전혀 알 수 없었다. 이러한 이유로 특정 이슈와 더불어 서비스 이용자가 급증할 때마다 서비스를 처리하기 위하여 단순히 하드웨어 증설을 통해 일시적으로 서비스 지연 문제를 해결하여 왔다. 이에 본 연구에서는 현재 오픈플랫폼이 보유하고 있는 시스템 성능을 정확히 파악하여 향후 동일한 문제가 발생하지 않도록 근본적인 해결책을 제시하고자 한다. 구체적으로 본 연구에서는 NMON을 이용한 하드웨어 성능 분석과 nGrinder를 이용한 웹서비스 부하 테스트를 통해 오픈플랫폼이 현재 가지고 있는 정확한 시스템 성능을 파악하고, 이후 보다 나은 서비스를 제공할 수 있는 시스템으로 개선하기 위한 자원 재조정 방안을 제시하고자 한다.

**키워드** : 공간정보 오픈플랫폼, NMON, nGrinder, 자원 재조정

**Abstract** Since the Spatial Information Open Platform service started in January 2012, the number of service users and the size of the system has increased significantly. However, we could not know the analysis result about how much the hardware resources of the Open Platform system can handle user services. Thereafter, whenever the number of service users are rapidly increased, we simply have solved the service delays using the hardware extension. So, this study presents the obvious solution to avoid the same problem in the future, by pinpointing the system performance of the Open Platform. In this study, through the performance analysis of hardware using NMON and the load test of web service using nGrinder, we intend to get an accurate performance of the Open Platform system. Then we intend to present the resource reallocation method in order to provide better performance of the system.

**Keywords** : Spatial Information Open Platform, NMON, nGrinder, Resource re-distribution

### 1. 서 론

공간정보 오픈플랫폼(이하 오픈플랫폼) 서비스가 2012년 1월 브이월드(VWorld)라는 이름으로 시범 서비스가 시작된 이후, 사회적 이슈에 따른 다양한 서비스 기능이 추가되고 있다. 서비스가 늘어남에 따라 점진적으로 증가하는 사용자의 수를 감당하기 위해 시스템의 규모 또한 처음보다 2~8배 이상 커지게 되었다. 그러나 현재 오픈플랫폼은 서비스가 추가되고 사용자가 증가할 때마다 추가된 하드웨어 자원들이 어

느 정도의 서비스 이용자를 감당할 수 있는지와 같은 성능 분석 결과가 전혀 없는 상황이다. 이러한 상황에서 언론 홍보 등과 같이 특정 시점에 이슈가 되어 평소보다 많은 동시 접속자가 발생하였을 때, 제대로 서비스를 처리하지 못하는 문제가 발생하게 되었으며 그 때마다 하드웨어 증설을 통해 일시적으로 문제를 해결하여 왔다. 이에 근본적으로 이러한 문제를 해결하기 위하여 오픈플랫폼 시스템이 보유하고 있는 전반적인 성능을 파악하고 그에 따른 해결책 제시가 필요하게 되었다.

† This research was supported by a grant(13 도시건축 A02) from Spatial Information Open Platform Infra Technology Development Research Project funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport government

\* Han Sol Jang, Researcher, IT Research Laboratory, ICTWAY. hsjang@ictway.co.kr

\*\* Jun Hee Go, Senior Researcher, IT Research Laboratory, ICTWAY. jhgo@ictway.co.kr

\*\*\* Min Soo Kim, Associate Professor, Dept. of IT Convergence, Daejeon University. minsoo@dju.ac.kr (Corresponding Author)

\*\*\*\* In Sung Jang, Senior Researcher, Spatial Information Technology Research Team, ETRI. e4dol2@etri.re.kr

본 연구에서는 하드웨어 성능 분석과 웹서비스 부하 테스트를 통해 이러한 오픈플랫폼 시스템의 성능을 파악하고 현재의 시스템을 보다 나은 서비스를 제공할 수 있는 시스템으로 개선하기 위한 방안을 제시하고자 한다. NMON(Nigel's performance Monitor for Linux)[11]을 이용하여 CPU와 Memory 사용률을 분석한 결과를 보면 대부분의 서버 자원은 안정적으로 동작하고 있으나, 일부 서버에서 부하 분산 방안을 검토해야 하거나 Memory 증설을 고려해야 하는 경우를 발견할 수 있었다. 또한, nGrinder[10]를 이용한 두 차례의 부하 테스트를 통해 2D WAS(Web Application Server)의 부하 분산(Load Balancing)이 정상적으로 이루어지지 않고 있다는 것과 안정적인 웹 서버에 반해 WAS와 DB 서버에 부하가 심한 것을 알 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장의 관련 연구에서는 서버 성능에 영향을 미치는 요인과 하드웨어 성능 분석과 웹서비스 부하 테스트 방법에 대해 살펴볼 것이다. 3장에서는 현재 오픈플랫폼 시스템의 구성 및 하드웨어 성능을 분석한 결과와 이에 따른 개선 방안을 제시하며, 4장에서는 오픈플랫폼 시스템의 웹서비스 성능을 분석한 결과와 이에 따른 개선 방안을 제시할 것이다. 끝으로 5장에서는 본 논문의 결론 및 향후 연구 방향을 제시하고자 한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 성능 요소 분석

Park[12]은 일반적인 PC를 수 천대에서 수 만대까지 LAN으로 연결하여 대용량 데이터 저장 용도로 구축한 시스템인 웹서버 클러스터 시스템 중 하나인 GLORY(GLObal Resource management sYstem)의 성능 평가를 위한 시뮬레이션 모델을 구축하고 시스템 성능 평가를 위한 요소로 시스템 응답 시간을 제시하였다. 이러한 시스템 응답 시간은 하드웨어적 측면에서 네트워크의 자료 전송 속도와 CPU, Memory 및 I/O 성능을 바탕으로 좌우된다고 제시하였다. You and Ko[15,16]는 OLTP(On-Line Transaction Processing) 서버용 벤치마크 톨인 TPC(Transaction Processing performance Council)를 활용하여 서버의 성능 수치 결과를 분석하여 서버 성능에 영향을 미치는 인자를 도출하였다. 그 결과로 저장소와 서버의 구성자원이 가장 큰 영향을 미치고, 두 번째로 데이터 크기, 세 번째로 CPU 및 Memory 용량, 마지막으로 운영체제 및 기타 시스템 소프트웨어가 서버의 성능에 영향을

준다는 결론을 제시하였다.

본 연구에서는 이러한 연구 결과들을 기반으로 CPU, Memory 등의 하드웨어 자원에 대한 성능 분석과 웹 서버의 응답 시간을 측정하고 분석함으로써 오픈플랫폼 시스템의 성능을 파악할 수 있을 것이라고 판단하였다.

### 2.2 하드웨어 성능 분석

Mendoza[9]는 AIX(Advanced Interactive eXecutive) 기반 서버에서 SAS(Statistical Analysis System) 환경을 구축하였을 때, 병목현상 방지를 위한 모니터링을 위해 vmstat이나 iostat과 같은 명령어 대신 NMON을 사용하는 것을 추천하였다. 구체적으로 Sharp[13]는 제안된 MDCF(Medical Device Coordination Framework)와 수집기의 성능을 평가하기 위해 NMON을 사용하여 CPU, Memory 및 I/O 사용량을 측정하였다. Chawla[1]는 제안된 ECM(Enterprise Content Management) 시스템의 성능을 평가하기 위해 IBM Rational Performance Tester를 사용하여 서버의 응답 시간 등을 측정하였고, NMON을 사용하여 CPU, Memory 및 I/O 사용량을 측정하였다. Jung and Choi[6,7]는 데이터 중복 제거 파일 시스템을 제안하면서 제안 시스템에 대한 성능 분석 방법으로 NMON을 사용하여 CPU 점유율을 측정하였다.

본 연구에서는 이러한 연구 결과들을 통하여 Linux 및 AIX 기반의 오픈플랫폼 시스템인 하드웨어 자원에 대한 성능 분석을 위해 NMON을 활용하는 것이 무리가 없다고 판단하였다.

### 2.3 웹서비스 부하 테스트

Krizanic et al.[8]은 AJAX(Asynchronous Javascript And XML)기반의 웹서비스에 부하 테스트를 수행할 수 있는 jMeter[5], Grinder[3] 등과 같은 소프트웨어를 비교하였다. Jeong and Suh[4]는 오픈 소스 GIS를 이용하여 Tile Map Service 시스템을 구축하고, 전통적인 방식으로 구축된 시스템과 성능을 비교하기 위해 jMeter를 이용하여 부하 테스트를 수행하였다. Yoon[2]은 오픈 소스 부하 테스트 톨인 nGrinder를 소개하면서, NAVER에서 월간 3,000건의 성능 테스트에 사용하고 있으며, 2억 사용자의 LINE 서비스를 테스트하는데도 사용하고 있다고 하였다. 또한 nGrinder는 삼성전자를 비롯하여 대부분의 국내 게임 회사들이나 각종 IT 회사들뿐만 아니라, British Airways나 Red Hat과 같이 국외에서도 자주 사용되고 있다.

본 연구에서는 이러한 연구 결과들을 통하여 오픈 플랫폼 시스템에 웹서비스 부하 테스트를 수행하여 가상 사용자들에 대한 TPS(Transaction Per Second)와 응답 속도 등을 분석하여 특정 시점에 많은 사용자가 몰렸을 때 문제가 유발되는 현재의 시스템에 대한 진단이 가능하다고 판단하였다.

### 3. 오픈플랫폼 시스템 및 하드웨어 성능 분석

현재 오픈플랫폼 시스템은 Figure 1과 같이 네트워크 장비, 웹 서버, WAS, SAN 저장소, DB 서버로 구성되어 있으며, Table 1과 같은 시스템 사양을 가지고 있다.

오픈플랫폼 서비스에서 제공되는 다양한 서비스들

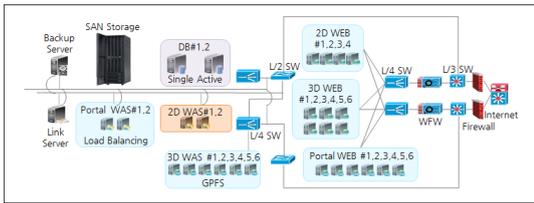


Figure 1. System Architecture of Open Platform

Table 1. Hardware Specification of Open Platform

Type	Features	OS	Core	Memory	Quantity
WEB Server	Portal WEB Server	AIX	4.7Ghz * 2core	16GB	3
			3.0Ghz * 8core		1
		Linux	2.4Ghz * 6core		2
	2D WEB Server	Linux	2.4Ghz * 6core	16GB	4
	3D WEB Server	Linux	2.4Ghz * 6core	16GB	6
WAS	Portal WAS	AIX	3.0Ghz * 4core	32GB	2
	2D WAS	AIX	3.0Ghz * 4core	32GB	2
			50GB	1	
	3D WAS	AIX	3.0Ghz * 6core	32GB	4
3.0Ghz * 4core			64GB	2	
DB Server	DB Server	AIX	3.0Ghz * 4core	64GB	2

은 포털 서비스, 2D 서비스, 3D 서비스로 구분하여 제공되고 있으며, 각 서비스는 다음과 같은 시스템 구성으로 정보를 제공하고 있다.

- 포털 서비스 : 검색, 개발자 지원, 사용자 참여 서비스 등에 해당하는 정보를 제공하며 6대의 웹 서버와 2대의 WAS로 구성되어 있음
- 2D 서비스 : 2차원 형태의 지형도 서비스, 다양한 주제도, 부동산 정보, 건축물 정보 등에 해당하는 정보를 제공하며 4대의 웹 서버와 3대의 WAS로 구성되어 있음
- 3D 서비스 : 3차원 형태의 기본 지형도 서비스, 3D 건물 콘텐츠, 고해상도 텍스처 등에 해당하는 정보를 제공하며 6대의 웹 서버와 6대의 WAS로 구성되어 있음

본 연구에서는 위에서 제시된 오픈플랫폼 시스템의 서버 자원별로 CPU와 Memory 사용률을 측정하여 평소 사용 현황을 파악하고 이를 토대로 자원 재조정 방안을 제시하고자 하였다. 이를 위해 Linux와 AIX기반의 시스템을 모니터링하고 성능 측정 및 분석할 수 있는 툴 중에서 상용 소프트웨어의 추가적인 설치 없이 가능한 유일한 방법인 NMON을 이용하였다. 구체적으로 Table 1에 나와 있는 총 29대의 오픈플랫폼 시스템의 하드웨어 자원 중 교체 중인 2대의 3D 웹 서버를 제외하고 나머지 27대의 하드웨어 자원에 대하여 2015년 1월부터 2월까지 총 두 달 동안 수집한 로그를 NMON Analyzer를 이용하여 CPU와 Memory 최소/최대 사용률을 도출하고 분석하였다.

#### 3.1 CPU 사용률 분석

CPU 사용률 분석 방법은 NMON을 이용하여 수집된 로그에서 일자별로 최소, 최대 사용률의 평균을 추출하여 각 서버 자원별로 산정하였다. 서버 자원별 상태에 대한 판단 근거는 TTA에서 제정한 정보시스템 하드웨어 규모산정 지침의 시스템 여유율을 기준으로 70% 이하의 사용률이면 안정적이라고 판단하였다[14].

##### 3.1.1 포털 서버의 CPU 사용률 분석

6대의 포털 웹 서버는 Figure 2와 같이 평균 CPU 사용률이 최대 20%를 넘지 않는 매우 안정적인 상태로 나타났고, Figure 3과 같이 2대의 포털 WAS는 1월 5일에 순간적으로 각각 81.7%, 81.4%의 최고치를 기록하였으나 평균 CPU 사용률이 40% 정도 수준으로 안정적임을 알 수 있었다.

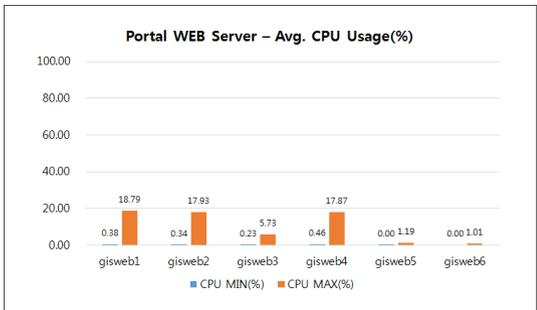


Figure 2. Portal-WEB Avg. CPU Usage

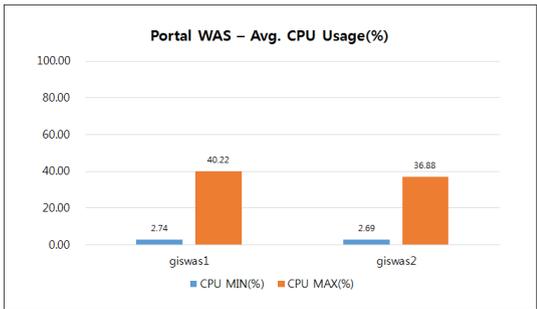


Figure 3. Portal-WAS Avg. CPU Usage

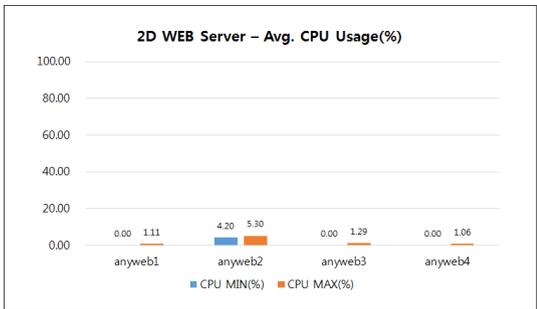


Figure 4. 2D-WEB Avg. CPU Usage

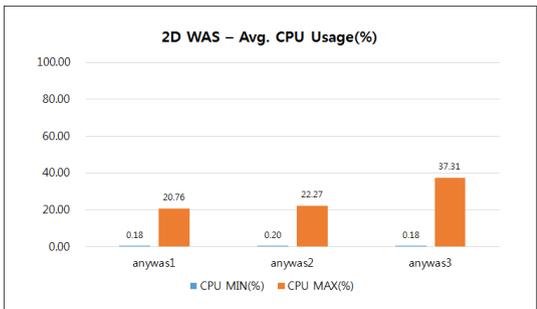


Figure 5. 2D-WAS Avg. CPU Usage

### 3.1.2 2D 서버의 CPU 사용률 분석

4대의 2D 웹 서버는 Figure 4와 같이 평균 CPU 사용률이 최대 5%를 넘지 않는 매우 안정적인 상태로 나타났고, Figure 5와 같이 3대의 2D WAS는 한 서버에서 1월 21일에 순간적으로 94%의 최고치를 기록하였으나, 전체적으로 평균 CPU 사용률이 40%를 넘지 않는 안정적인 상태임을 볼 수 있었다.

### 3.1.3 3D 서버의 CPU 사용률 분석

총 6대의 3D 웹 서버 중 2대의 웹 서버(gisweb5와 gisweb6)는 서버 교체로 인해 NMON 데이터가 생성되지 않았다. 4대의 3D 웹 서버(gisweb1 ~ gisweb4)는 Figure 6과 같이 평균 CPU 사용률이 최대 2%를 넘지 않는 매우 안정적인 상태임을 알 수 있었다. 마찬가지로 Figure 7과 같이 6대의 3D WAS도 평균 CPU 사용률이 최대 15%를 넘지 않는 매우 안정적인 상태임을 알 수 있었다.

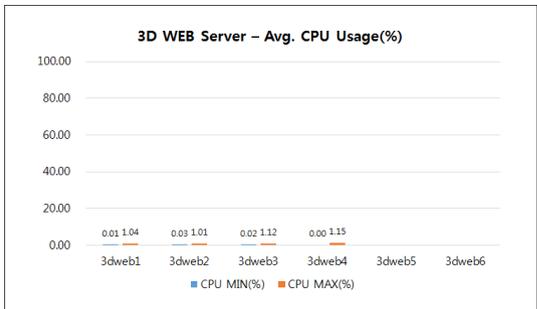


Figure 6. 3D-WEB Avg. CPU Usage

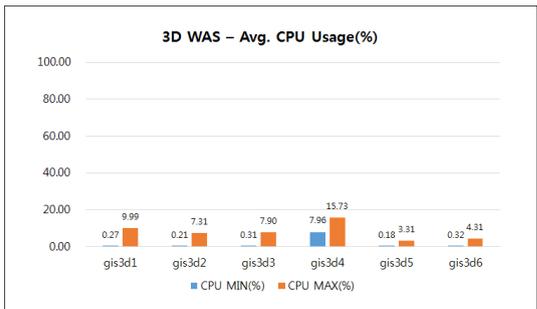


Figure 7. 3D-WAS Avg. CPU Usage

### 3.1.4 DB 서버의 CPU 사용률 분석

2대의 DB 서버는 Figure 8과 같이 gisdb1에서 2월 16일에 순간적으로 72.5%의 최고치를 기록하였으나 평균 CPU 사용률이 30% 정도 수준에서 안정적으로 유지되고 있음을 알 수 있었다.

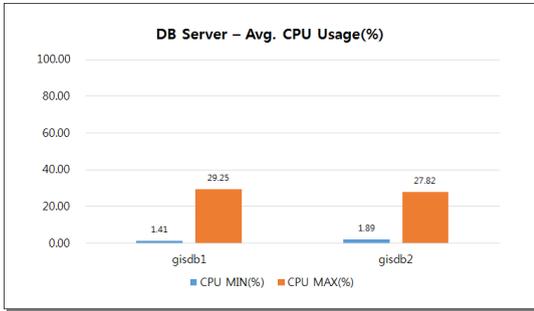


Figure 8. DB Avg. CPU Usage

### 3.1.5 CPU 사용률 분석 결론

일부 서버에서 순간적인 최고치를 기록하는 경우가 보였으나, 평소 오픈플랫폼 서비스의 사용 현황에서는 전반적으로 안정적인 서비스를 제공하는 데 무리가 없는 상황임을 확인할 수 있었다.

## 3.2 Memory 사용률 분석

CPU 사용률 분석과 마찬가지로 방법으로 Memory 사용률도 동시에 분석을 수행하였다.

### 3.2.1 포털 서버의 Memory 사용률 분석

6대의 포털 웹 서버는 Figure 9와 같이 평균 Memory

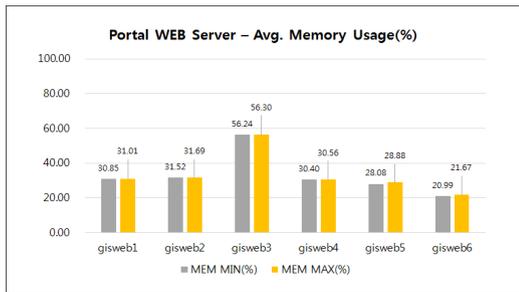


Figure 9. Portal-WEB Avg. Memory Usage

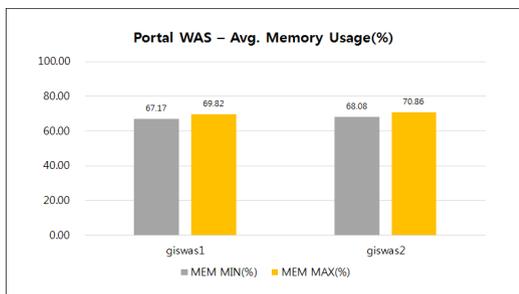


Figure 10. Portal-WAS Avg. Memory Usage

사용률이 최대 60%를 넘지 않는 안정적인 상태로 나타났으며, Figure 10과 같이 2대의 포털 WAS도 평균 Memory 사용률이 70% 정도 수준에서 안정적으로 유지되고 있음을 알 수 있었다. 그러나 추후 서비스가 확장되면 Memory 사용률이 증가할 가능성이 높아 Memory의 확장을 고려해볼 필요가 있다고 판단된다.

### 3.2.2 2D 서버의 Memory 사용률 분석

4대의 2D 웹 서버는 Figure 11과 같이 평균 Memory 사용률이 최대 10%를 넘지 않는 매우 안정적인 상태로 나타났으며, Figure 12와 같이 3대의 2D WAS는 anywas1에서 2월 9일에 순간적으로 84.7%의 최고치를 기록하였으나 평균 Memory 사용률이 50% 정도 수준에서 안정적으로 유지되고 있음을 알 수 있었다.

### 3.2.3 3D 서버의 Memory 사용률 분석

총 6대의 3D 웹 서버 중 2대의 웹 서버(gisweb5와 gisweb6)는 서버 교체로 인해 NMON 데이터가 생성되지 않았다. 4대의 3D 웹 서버(gisweb1~gisweb4)는 Figure 13과 같이 평균 Memory 사용률이 최대 20%를 넘지 않는 안정적인 상태로 나타났으며, Figure 14와 같이 2대의 3D WAS(gis3d5와 gis3d6)는 평균 Memory

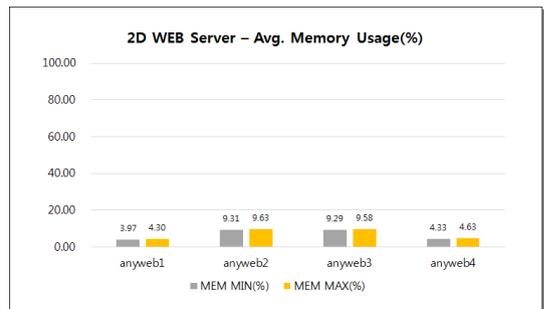


Figure 11. 2D-WEB Avg. Memory Usage

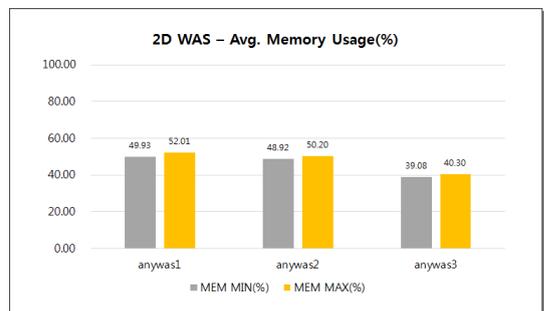


Figure 12. 2D-WAS Avg. Memory Usage

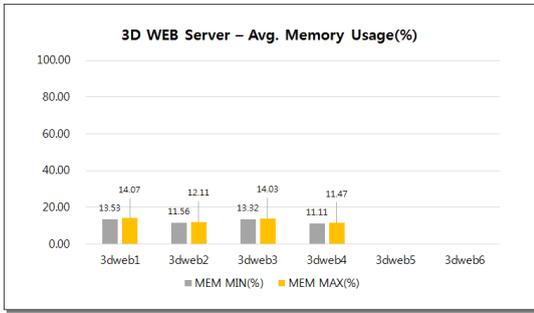


Figure 13. 3D-WEB Avg. Memory Usage

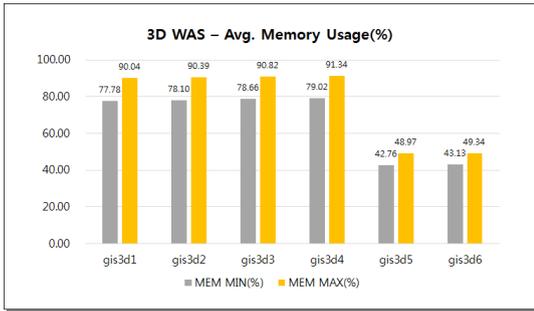


Figure 14. 3D-WAS Avg. Memory Usage

사용률이 50% 정도 수준에서 안정적으로 유지되고 있었으나 4대의 WAS(gis3d1 ~ gis3d4)는 평균 Memory 사용률이 85% 정도 수준으로 Memory 추가 증설이 필요한 상태로 볼 수 있다.

만약 현재 32GB인 Memory를 64GB로 증설한다면 보다 안정적인 서비스가 가능할 것으로 기대된다.

### 3.2.4 DB 서버의 Memory 사용률 분석

1대의 DB 서버(gisdb1)는 Figure 15와 같이 평균 Memory 사용률이 45% 정도 수준에서 안정적으로 유

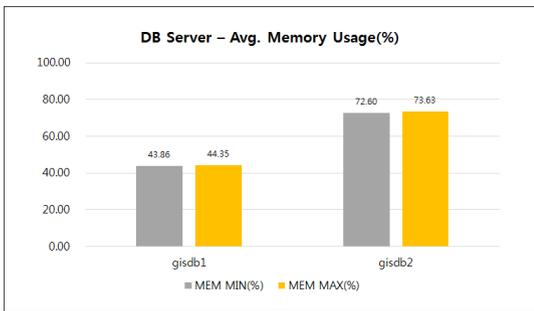


Figure 15. DB Avg. Memory Usage

지되고 있었으나 나머지 1대의 DB 서버(gisdb2)는 평균 Memory 사용률이 80% 정도 수준으로 안정적인 서비스를 위해 부하 분산 방안을 검토하거나 Memory 추가 증설이 필요한 상태임을 알 수 있었다.

### 3.2.5 Memory 사용률 분석 결론

Memory 사용률 분석을 통해 평소 오픈플랫폼 서비스의 서비스별 사용 현황을 간접적으로 확인할 수 있었다. 대부분의 서버에서는 안정적인 서비스를 제공하는 데 무리가 없는 상황이었으나, 3D WAS의 Memory 사용률은 Memory 추가 증설이 필요할 만큼 심각한 상태였다. 다른 서비스에 비해 3D 서비스가 부하가 걸리는 것에는 오픈플랫폼 시스템 구조적 문제와 사용자의 접속 패턴에 원인이 있음을 발견하게 되었다. 이에 대해 3.3절에서 접속 로그 분석을 통해 자세한 설명을 하고자 한다.

## 3.3 접속 로그 분석

3.1과 3.2절에서 NMON 분석을 통해 얻어진 결과를 보면 3D WAS의 Memory 사용률이 다른 서비스보다 압도적으로 많은 것을 알 수 있다. 이러한 양상이 나타나는 것은 현재의 시스템 구성과 사용자들의 이용 패턴에 이유가 있다. 오픈플랫폼 서비스의 특성상 잘 변하지 않는 지도 데이터들을 파일 형태로 저장하고 서비스한다. 이러한 서비스를 위해 여러 대의 서버에 동일한 파일들이 존재해야 하는데, 3GB 이상의 대용량이다 보니 비효율적이다. 따라서 GPFS(General Parallel File System) 기능을 통해 하나의 저장소에 파일들을 놓고 여러 대의 서버가 공유하는 방법을 채택하였다. 하지만, 오픈플랫폼 시스템의 서버들 중 3D WAS에만 GPFS 기능이 포함되어 있어, 3D 서비스를 위한 데이터뿐만 아니라 2D 서비스의 배경 지도 데이터를 함께 두는 구조가 되었다. 또한, 사용자들이 많이 사용하는 대부분의 서비스들이 이러한 데이터들을 이용하기 때문에 당연히 3D WAS에 잦은 호출이 발생하고 그에 따라 Memory 사용률이 높아질 수밖에 없다. 오픈플랫폼 시스템의 접속 로그를 분석해 보면 이러한 원인을 더 명확하게 알 수 있다. 2015년 1월부터 2월까지 두 달에 걸쳐 수집된 접속 로그를 분석한 결과, Figure 16과 같이 실제로 3D 서버가 70%, 포털 서버가 20%, 2D 서버가 10%의 비율로 사용되어 지고 있음을 알 수 있었다. 이를 통하여 가정된 서비스 시나리오와 유사하게 사용자들이 3D 서버에 부하가 많이 걸리는 서비스를 주로 이용하고 있음을 추측할 수 있었다.

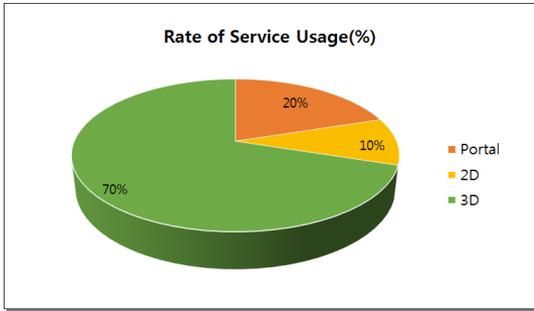


Figure 16. Result of Access Log Analysis

#### 4. 웹서비스 부하 테스트

끝으로 본 연구에서는 오픈플랫폼 서비스가 특정 시점에 대량의 사용자가 유입되었을 때 어느 정도까지 문제없이 처리할 수 있는지, 최대 몇 명의 사용자 요청을 받을 수 있는 지 등을 측정하기 위해 웹서비스 부하 테스트 및 분석을 실시하였다.

부하 테스트를 실시하기에 앞서 여러 가지 상용 및 오픈 소스 소프트웨어를 조사 및 검토하여 아래와 같은 기준에 부합하는 NHN이 개발하여 배포한 오픈소스 부하 테스트 툴인 nGrinder를 선정하였다.

- 대량의 부하를 발생시킬 수 있고,
- 임계점 확인을 위해 모니터링 및 리포트 기능이 포함되어 있으며,
- 안정적인 테스트가 가능하도록 검증되어 있고,
- 비용 부담이 적은 툴

2015년 3월 21일과 3월 28일 두 차례에 걸쳐 부하 테스트를 실시하였는데, 그 이유는 부하 테스트의 시나리오를 달리하여 그 결과를 비교하기 위함이었다. 부하 테스트를 통해 수집된 평균 TPS와 응답시간을 분석하여 정리하였으며, 동시 접속자는 대기 시간(think time)을 고려하지 않고 특정 시점에 요청을 보낸 후 응답을 기다리는 사용자(active user)를 기준으로 작성하였다. 부하 테스트를 진행하는 동안 NMON으로 테스트 URL과 연관된 서버의 CPU와 Memory를 측정하고 분석하여 부하가 걸리는 환경에서 어떠한 성능을 보이는지 알고자 하였다.

##### 4.1 1차 웹 서비스 부하 테스트

3월 21일 00시부터 05시까지 목동 KT IDC 센터에서 현재 운용중인 오픈플랫폼 서비스 시스템에 대해 1차 부하 테스트를 진행하였다. 테스트는 nGrinder 에

Table 2. Test URLs for 1<sup>st</sup> Stress Test

URL	Description	Standard of Selection
www.vworld.kr	Intro and Case about VWorld	Limit Standard of Selection to main menu, Select the introduction page's URL
user.vworld.kr	User Participation Service	Select the received 112 URLs
map.vworld.kr	Map Service	Select the received 423 URLs
2d.vworld.kr: 8895	2D Map Service	Select the top 1,500 URLs from the received 3,368 URLs
xdworld.vworld.kr: 8080	3D Map Service	Select the top 1,500 URLs from the received 5,326 URLs

이전트가 설치된 3~4대의 서버에서 테스트 URL에 대해 미리 설정한 스크립트에 따라 에이전트 당 50~5,000명의 가상 사용자를 생성하여 부하를 주는 방식으로 진행하였다. 1차 부하 테스트의 대상 범위는 Table 2와 같이 오픈플랫폼 서비스의 3가지 서비스별 자주 사용하는 요청 URL을 중심으로 선정하였는데, 이는 각 서버 자원들에 대한 개별적인 웹서비스 성능을 확인할 수 있는 기준이 될 수 있다고 판단하였기 때문이다.

##### 4.1.1 포털 서비스 부하 테스트(www.vworld.kr)

3대의 에이전트 서버에서 각각 10초에 30명씩 가상 사용자를 증가하여 최대 300명까지 생성하여 부하를 주었다. 평균 TPS는 1,510.57로 측정되었으며, 최대 TPS는 1,966으로 측정되었다. 평균 응답시간은 252.64ms였으며, 240명의 동시 접속자까지 처리가 가능하다고 판단된다. 또한, NMON 분석을 통해 각 서버 자원들은 큰 부하를 받지 않으며 동작하고 있음을 확인하였다.

##### 4.1.2 참여 서비스 부하 테스트 (user.vworld.kr)

3대의 에이전트 서버에서 각각 1초에 25명씩 가상 사용자를 증가하여 최대 50명까지 생성하여 부하를 주었다. 평균 TPS는 535.51로 측정되었고, 최대 TPS는 769로 측정되었다. 평균 응답시간은 287.23ms였으며, 150명의 동시 접속자까지 처리가 가능하다고 판단된다. 또한, NMON 분석을 통해 Figure 17과 같이 테스트 도중 DB 서버의 평균 CPU 사용률이 95% 이상

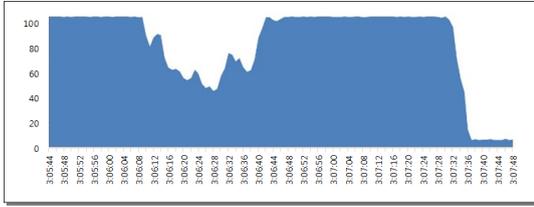


Figure 17. DB CPU Usage while the Test

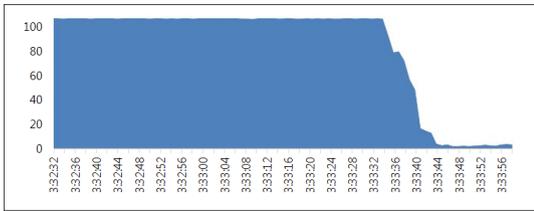


Figure 18. DB CPU Usage while the Test

으로 나타나는 것을 볼 수 있었다.

참여 서비스는 데이터를 데이터베이스에서 읽고 쓰기를 반복하는 서비스이므로 DB 서버의 자원 사용률이 높을 수밖에 없으며 향후 참여서비스의 확장을 위해서는 DB서버의 확충이 필수적으로 필요하다고 판단된다.

#### 4.1.3 지도 서비스 부하 테스트(map.vworld.kr)

3대의 에이전트 서버에서 각각 10초에 30명씩 가상 사용자를 증가하여 최대 300명까지 생성하여 부하를 주었다. 평균 TPS는 2,048.27로 측정되었으며, 최대 TPS는 6,819로 측정되었다. 평균 응답시간은 642.40ms였으며, 270명의 동시 접속자까지 처리가 가능하다고 판단된다. 또한, NMON 분석을 통해 Figure 18과 같이 테스트 도중 DB 서버의 평균 CPU 사용률이 95% 이상으로 나타나는 것을 볼 수 있었다.

#### 4.1.4 2D 지도 서비스 부하 테스트(2d.vworld.kr:8895)

3대의 에이전트 서버에서 각각 10초에 20명씩 가상 사용자를 증가하여 최대 300명까지 생성하여 부하를 주었다. 평균 TPS는 12.68로 측정되었으며, 최대 TPS는 90으로 측정되었다. 평균 응답시간은 26,592.64ms였으며, 240명의 동시 접속자까지 처리가 가능하다고 판단된다. 또한, NMON 분석을 통해 Figure 19와 같이 테스트 도중 2D WAS의 평균 CPU 사용률이 95% 이상으로 나타나는 것을 볼 수 있었다.

2D 지도 서비스의 경우 지적도, 용도지역지구도 등 사용자가 특정 주제도를 선택하면 해당 주제도를 공



Figure 19. 2D WAS-1,3 CPU Usage while the Test

간분석을 통하여 데이터베이스에서 검색하여 GIS엔진이 실시간으로 이미지 파일(PNG, JPG 등)을 생성하여 서비스하는 방식으로 타 서비스에 비해 성능이 현저하게 낮게 나타나는 것을 알 수 있다. 더불어 오픈플랫폼에서 제공하는 WMS/WFS API도 이 방식을 취하고 있어 타 API에 비해서 성능이 낮게 나올 것이라 유추할 수 있다. 오픈플랫폼이 불특정 다수에게 지도 서비스나 API 서비스를 제공함에 있어 모두에게 WMS/WFS API를 공개하는 것은 고려해 봐야한다.

#### 4.1.5 3D 지도 서비스 부하 테스트(xdworld.vworld.kr:8080)

4대의 에이전트 서버에서 각각 40초에 100명씩 가상 사용자를 증가하여 최대 5,000명까지 생성하여 부하를 주었다. 평균 TPS는 2,093.68로 측정되었으며, 최대 TPS는 2,574로 측정되었다. 평균 응답시간은 184.96ms였으며, 300명의 동시 접속자까지 처리가 가능하다고 판단된다. 최초 오류가 발생한 시점을 기준으로 판단하면 이와 같이 판단할 수 있으나, Figure 20과 같이 최초 오류 발생시점 이후부터 꾸준히 오류는 발생하나 5,000명의 동시 접속자까지도 높은 TPS와 빠른 응답시간이 유지되는 것을 볼 수 있다. 이는 3D 지도 서비스가 동시 접속자가 증가하면서 일부 오류가 발생하기는 하지만 타 서비스보다 더 안정적인 서비스가 가능함을 시사한다. 또한, NMON 분석을 통해 각 서버 자원들은 큰 부하를 받지 않으며 동작하고 있음을 확인하였다.

#### 4.1.6 1차 웹 서비스 부하 테스트 결론

3월 21일에 실시한 1차 부하 테스트를 통해 2D WAS의 L4 스위치가 부하 분산을 정상적으로 하지 못하고 1대의 WAS에만 부하가 걸리는 것을 확인하였다. 또한, 일부 테스트 도중 2D WAS와 DB 서버에서 95% 이상의 높은 평균 CPU 사용률이 기록되었으나, 사용자들이 많이 사용하는 서비스들은 2D WAS와 DB 서버의 연산을 자주 요청하지 않기 때문에 큰 문제가 되지 않을 것으로 판단된다. 또한, 나머지 서버들

도 부하가 걸리는 환경에서 안정적으로 운용되고 있다고 판단된다.

#### 4.2 2차 웹 서비스 부하 테스트

3월 28일 00시부터 05시까지 목동 KT IDC 센터에서 현재 운용중인 오픈플랫폼 서비스 시스템에 대해 2차 부하 테스트를 진행하였다. 테스트는 nGrinder 에이전트가 설치된 4대의 서버에서 테스트 URL에 대해 미리 설정한 스크립트에 따라 에이전트 당 500명의 가상 사용자를 생성하여 부하를 주는 방식으로 진행하였다. 1차 테스트와는 달리 오픈플랫폼 서비스에서 제공하는 3가지 서비스에 접속 로그 분석을 통해 얻어진 가중치를 부여하여 사용자 입장에서 오픈플랫폼 서비스를 사용하는 시나리오를 토대로 테스트를 진행하였다. 이에 본 연구에서는 7 단계의 기본적인 사용자 시나리오를 다음과 같이 정의하였다.

- (시나리오 1) 사용자가 오픈플랫폼 서비스에 접속하면 지구본 모양의 3D 지도와 포털 서비스의 메뉴 및 팝업창이 나타난다. 이때 포털 서버와 3D 서버에 호출이 발생하게 된다.
- (시나리오 2) 사용자가 키워드를 입력하여 검색을 하게 되면 지구본 모양의 3D 지도 옆에 해당 키워드에 대한 검색 결과가 목록 형태로 나타난다. 이때 포털 서버와 DB 서버에 호출이 발생하게 된다.
- (시나리오 3) 검색 결과 중 하나를 사용자가 선택하게 되면 지구본 모양의 지도에서 선택한 결과에 포함되어 있는 좌표로 이동하며 주변 지역을 볼 수 있도록 확대가 되게 된다. 이때 3D 서버에 호출이 발생하게 된다.
- (시나리오 4) 사용자가 주변을 탐색하기 위해 지도를 확대/축소하거나 또 다른 원하는 위치를 찾아가기 위해 이동을 하게 된다. 이때 3D 서버에 호출이 다시 발생하게 된다.
- (시나리오 5) 3D 지도가 아닌 다른 형태의 지도를 보기 위해 사용자가 2D 지도로 변경을 요청하는 경우도 있다. 오픈플랫폼 서비스에서는 2D 지도뿐만 아니라 위성영상과 같은 다양한 형태의 지도를 지원하고 있다. 이러한 사용자의 요청이 들어오게 되면 3D 서버에 호출이 발생하게 된다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 다양한 형태의 배경지도 데이터들이 3D 서버에 같이 포함되어 있기 때문이다.
- (시나리오 6) 추가적으로 오픈플랫폼 서비스에서는 지적도, 도로명 주소 도로 등과 같이 특정 주제

도 확인이 가능하다. 예를 들어 지적도를 선택하면 지도에 노란색 선이 나타난다. 이때 2D 서버, 3D 서버와 DB 서버에 호출이 발생하게 된다. 이는 WMS(Web Map Service) 요청을 통해 DB 서버에서 지적도를 검색하여 실시간으로 2D 서버에서 이미지를 생성하고, 3D 서버에서 배경 지도를 불러오기 때문이다. 지도를 확대/축소하거나 이동할 때마다 이러한 절차가 반복되어진다.

- (시나리오 7) 끝으로 사용자가 특정 위치를 선택하면 해당 위치의 공시지가, 토지 이용현황, 부동산 실거래가를 확인할 수 있는 지적도에 대한 속성창이 나타난다. 이때 2D 서버와 DB 서버에 호출이 발생하게 된다. 이는 WFS(Web Feature Service) 요청을 통해 DB 서버에서 속성 정보를 검색하여 2D 서버에서 XML 데이터를 생성하기 때문이다.

4대의 에이전트 서버에서 각각 20초에 100명씩 가상 사용자를 증가하여 최대 1,000명까지 생성하여 부하를 주었다. 평균 TPS는 1,816.02로 측정되었으며, 최대 TPS는 2,136으로 측정되었다. 평균 응답시간은 335.36ms였으며, 600명의 동시 접속자까지 처리가 가능하다고 판단되어진다. 또한, 테스트 도중 포털과 2D 웹 서버를 제외하고 나머지 서버들의 평균 Memory 사용률이 80~90% 이상을 기록하였다. 이에 따라 포털과 2D 웹 서버의 일부를 포털과 2D WAS로 전환하여 사용한다면 효율적인 자원 운용이 가능할 것으로 판단되어진다. 또한, 2D WAS의 L4 스위치가 부하 분산을 정상적으로 하지 못하는 것을 재차 확인하였다.

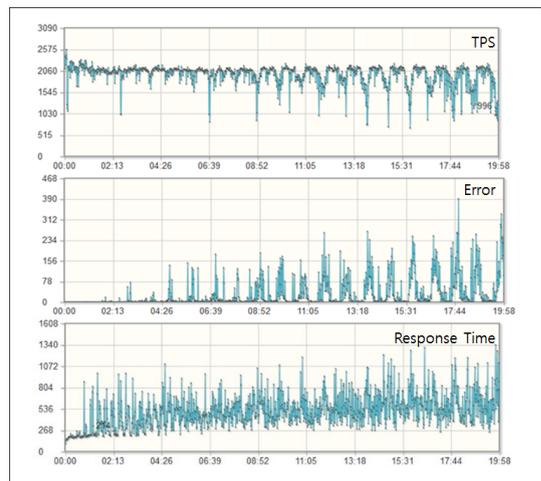


Figure 20. TPS, Error, Response Time while the Test

## 5. 결론 및 향후연구

본 연구에서는 NMON을 이용한 하드웨어 성능 분석과 nGrinder를 이용한 웹서비스 부하 테스트를 통해 오픈플랫폼 시스템의 성능을 파악하고 개선하기 위한 자원 재조정 방안을 제시하고자 하였다. 하드웨어 성능 분석 결과, 4대의 3D WAS의 현재 32GB인 Memory를 64GB로 증설하게 되면 약 42.5% 정도의 사용률로 낮출 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 두 차례의 부하 테스트를 통해 안정적인 웹 서버에 비해 WAS와 DB 서버에 부하가 심한 것을 알 수 있었다. 상용 소프트웨어의 도입 비용이 추가적으로 발생한다는 문제가 있지만, 여유로운 웹 서버를 WAS로 전환하면 안정적인 서비스가 가능할 것으로 기대된다. 응답 시간에는 큰 영향을 미치지 않지만, 각 서버 자원들의 TPMC를 기준으로 서버 자원들을 재조정하였을 때의 변화를 예측해 보면, 포털 웹 서버 1대를 WAS로 조정하면 포털 웹 서버의 전체 TPMC는 약 12% 감소하는 대신 포털 WAS의 전체 TPMC는 약 50% 증가한다. 또한, 2D 웹 서버 1대를 WAS로 조정하였을 때 2D 웹 서버의 전체 TPMC는 약 25% 감소하는 대신 2D WAS의 전체 TPMC는 약 31% 증가한다. 마찬가지로, 3D 웹 서버 1대를 WAS로 조정하였을 때 3D 웹 서버의 전체 TPMC는 약 17% 감소하는 대신 3D WAS의 전체 TPMC는 약 19% 증가한다. 이러한 예측에 따라 현재 오픈플랫폼 시스템에서 2D WAS의 L4 스위치의 부하 분산을 해결한 상태에서, 포털 웹 서버 2대, 2D 웹

서버 1대, 3D 웹 서버 2대를 WAS로 재조정 해보면 Figure 21과 같이 구성될 것이고, 전체 TPMC는 약 90% 정도 향상될 것으로 판단된다.

향후 연구로는 2D WAS의 L4 스위치가 부하 분산을 정상적으로 하지 못하는 것에 대한 분석을 통해 원인을 찾아 개선을 추진할 것이다.

## References

- [1] Chawla, G. 2014, Optimizing the Resource utilization of Enterprise Content management workloads through measured performance baselines and dynamic topology adaptation, Master's Thesis, University of Stuttgart, Stuttgart, Germany.
- [2] DEVIEW 2013 Day 1, Track 1, Session 1, Accessed March 24. <http://deview.kr/2013/det ail.nhn?topicSeq=2>.
- [3] Grinder, Accessed March 24. <http://sourceforge.net/projects/grinder/>.
- [4] Jeong, M. H; Suh, Y. C. 2009, A Study on Tile Map Service of High Spatial Resolution Image Using Open Source GIS, Journal of the Korean Society for Geo-Spatial Information System, 17(1):167-174.
- [5] Jmeter, Accessed March 24. <http://jmeter.apache.org>.
- [6] Jung, S. O; Choi, H. 2014, Performance analysis of the virtualized data deduplication file system, Paper presented at the Korea Computer Congress 2014, Busan, June 25-27.
- [7] Jung, S. O; Choi, H. 2014, Performance Analysis of Open Source Based Distributed Deduplication File System, KIISE Transactions on Computing Practices, 20(12):623-631.
- [8] Krizanic, J; Grguric, A; Mosmondor, M; Lazarevski, P. 2010, Load testing and performance monitoring tools in use with AJAX based web applications, Paper presented at the MIPRO, Proceedings of the 33rd International Convention 2010, Opatija, May 24-28.
- [9] Mendoza, A. 2008, Using nmon to Monitor SAS Applications on AIX Servers, Paper presented at the SAS Global Forum 2008, Texas, March 16-19.
- [10] Ngrinder, Accessed March 24. <http://naver.git hub.io/ngrinder/>.
- [11] NMON, Accessed March 24. <http://nmon.sourceforge.net/pmwiki.php>.

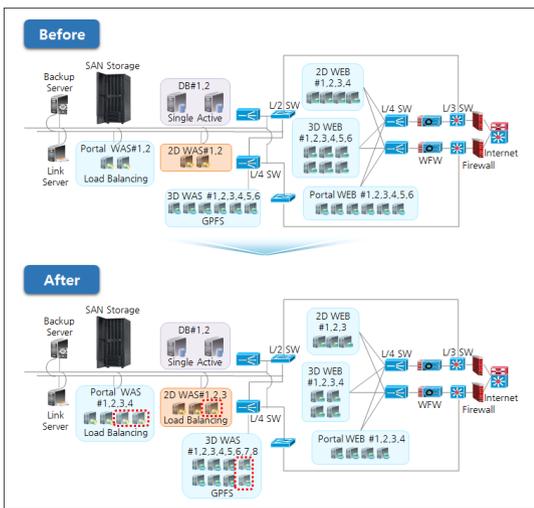


Figure 21. System Architecture of Open Platform with Resource Re-adjustment

- [12] Park, J. W. 2010, Analysis on the Performance Elements of Web Server Cluster Systems, Journal of the Korea Society for Simulation, 19(3):91-98.
- [13] Sharp, J. 2014, A Logging Service as a Universal Subscriber, Master's Thesis, Kansas State University, Manhattan, Kansas, United States.
- [14] TTA.KO-10.0292, 2008, A Guideline for Hardware Sizing of Information Systems, TTA.
- [15] You, K. J; Ko, D. S. 2012, Experimental Analysis of Influence Ratio and Factors that have Influence on Performance of the Server, Journal of Korean Institute of Information Technology, 10(9):163-169.
- [16] You, K. J; Ko, D. S. 2012, Factors that have influence on Performance Measurement of the Server using TPC-H, Paper presented at the Conference of Korean Institute Of Information Technology 2012, Gwangju, May 31-June 1.

---

Received : 2015.04.28

Revised : 2015.06.29

Accepted : 2015.07.08