

# 분산 스토리지 시스템의 성능시험환경

강윤희\*, 정승국\*\*

\*백석대학교 정보통신학부

\*\*한국전자통신연구원

e-mail:yhkang@bu.ac.kr

## Performance Testing Environment for Distributed Storage Systems

YunHee Kang\*, SeungKook Cheong\*\*

\*Division of Information and Communication, BaekSeok University

\*\*ETRI

### 요 약

최근 대용량 데이터 저장을 위한 스토리지에 대한 요구가 증가되고 있다. 이들 대용량 스토리지 시스템은 다양한 형상으로 구성될 수 있으며 학교, 기업 및 정부기관에서는 스토리지 성능은 기업 내부 전체 정보 시스템의 성능을 결정하는 주요한 요소로서 영향을 미친다. 그러나 성능시험을 위한 이형의 환경과 시험을 위한 성능 파라미터가 상이함으로 인해 스토리지 벤더에서는 제공하는 결과에 대한 평가가 쉽지 않다. 이 논문에서는 스토리지 성능시험 기법과 벤치마킹을 위한 성능시험환경을 제안한다. 성능시험 환경은 NGS 시스템 아키텍처 내의 병목 현상을 제거하고 입출력 대역폭을 늘려 성능을 최적화에 활용할 수 있다.

### 1. 서론

최근 대용량 스토리지의 올바른 성능평가는 다양한 저장매체, 복잡한 스토리지 운영환경, 응용 I/O 접근 패턴(access pattern)의 변화로 인해 어려워지고 있다. 벤치마킹(benchmarking)은 스토리지 성능평가를 위한 주요한 방법으로 사용되고 있지만 스토리지의 성능평가는 쉽지 않다[1,2,3].

특히 기업의 스토리지 서버 선정 및 도입을 위해서는 스토리지 장치의 성능평가가 필수적이다. 전체 스토리지 시스템의 성능은 분산 스토리지인 SAN에서 실제적인 I/O 요청이 전달되어 처리되는 외부인터페이스 구성, 파일시스템 및 저장장치의 매체에 의해 영향을 받는다[1,11].

이 논문에서는 분산 환경에서 DRAM 기반 스토리지 장치인 NGS 시스템의 성능시험을 위한 환경을 기술한다. 스토리지 시험환경은 전체 시스템 아키텍처 내의 병목 현상을 제거하고 입출력 대역폭을 늘려 성능을 최적화하기 위한 주요요소이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 성능평가 표준 연구를 기술하고 3장에서는 제안된 스토리지 성능평가 환경을 기술한다. 4장에서 결론을 기

술한다.

### 2. 관련연구

스토리지 시스템에 대한 성능평가는 전체 시스템에서 스토리지의 성능 결정 부분이 증가됨에 따라 중요해지고 있다. 현재 국내외적으로 Transaction Performance Council(TPC)[4], Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC)[7], Storage Performance Council(SPC)[5,6]는 스토리지 성능평가를 위한 기관으로 자체적인 성능평가 기준을 마련하여 제공하고 있다.

TPC는 성능 평가는 파일 시스템 수준에서의 입출력 연산의 수행 시간의 측정 및 한다[4]. TPC-B는 단순한 데이터베이스 갱신을 위한 트랜잭션 처리 성능을 측정하기 위해 사용하며, 은행 데이터베이스 상에서의 일반 은행의 계정 변경을 시뮬레이션한다. 성능 측면에서 초당 트랜잭션 수를 측정하여 최대 산출율을 측정하고 2초 내에 모든 트랜잭션의 90%를 처리할 때 응답시간을 보장하여야 하도록 한다. 또한 시스템과 요구되어지는 저장장치에 대한 가격을 리포트한다.

상용 DBMS 의 평가를 위한 표준 성능측정 도구인 TPC-C는 산업계의 실질적 표준으로 신뢰도 높은 온라인 트랜잭션 프로세싱(OLTP) 작업의 성능과 확장성 측정 벤치마크로 활용되고 있다.

SPEC은 차세대 고성능 컴퓨터에 적용하기 위한 표준 벤치마크를 구성하기 위한 비영리 기관으로 CPU, 전력, 메일서버, 웹서버 가상화 등 다수의 성능시험 및 평가를 위한 벤치마크를 제공한다[7].

스토리지 관련하여 네트워크 파일시스템의 성능 측정 및 평가를 위한 기준인 SPECsfs2008을 정의하였다. SPECsfs2008은 NAS 성능을 평가하기 위한 NFS 프로토콜인 SFS97 의 최근 버전으로 NFS 또는 CIFS 서버에 대한 성능 시험을 위한 명세를 제공한다 SFS97 은 NFS 버전 3의 처리량과 지연 시간을 비교하여 파일 서비스 작업부하의 성능평가에 사용한다.

Storage Performance Council(SPC)는 스토리지 벤더 중립적인 표준 성능측정 기관으로 스토리지 업계의 요구와 관심에 초점을 맞춘 업계 최초의 표준 성능 벤치마크를 개발하여 제공한다.

SPC-1 은 스토리지 서브시스템을 위한 성능 측정을 위한 작업부하 정의로서 전형적인 서버 클래스 컴퓨터의 온라인, 비휘발성 저장장치를 시뮬레이션한다. SPC-1 는 구성된 스토리지 환경의 전체 I/O 산출율, 응답시간, 사용자 이용환경 등을 구성하며, 이를 위한 시험환경을 정의한다[7]. SPC-2 는 순차 접근(sequential access)의 큰 블록의 I/O를 처리하는 성능을 평가하기 위해 사용한다[8].

### 3. 제안된 성능시험 환경

#### 3.1 개요

그림 1은 스토리지 성능평가를 위한 절차를 정의한 것으로 성능평가 요구사항정의에서는 성능시험의 목적에 따른 측정지표를 정의하고 이에 적합한 평가 도구 및 방법을 선정한다. 평가도구의 선정 시에는 성능평가지점에 따라 2개이상의 마이크로 벤치마크(micro-benchmark)도구와 1개의 매크로 벤치마크(macro-benchmark) 도구를 사용한다[8,9,10].

NGS 시스템의 성능평가는 트레이스(trace)를 재플레이하여 성능을 평가하는 경우 현행 스토리지 시스템의 I/O 패턴을 반영하는 트레이스를 선정하기 어렵기 때문에 벤치마크도구를 사용하여 성능시험을 한다.

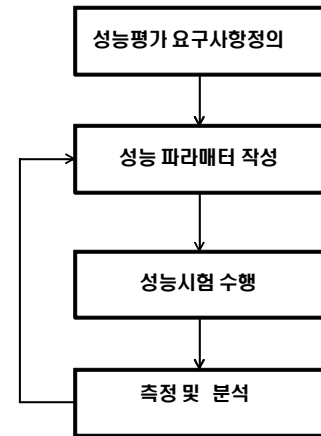


그림 1. 스토리지 시스템 성능평가 절차

벤치마크 도구를 사용한 벤치마킹은 스토리지 성능평가를 위한 주요한 작업이다. 올바른 성능 시험을 위해 단일 벤치마크를 사용하는 것은 적절하지 않다. 벤치마크의 작업 수행 단계는 다음과 같다.

- I/O 중심 작업과 CPU 중심작업으로 작업을 구분
- 벤치마크의 수행 결과를 기록함
- 벤치마크를 확장가능하게 수행함
- 다중 쓰레드 작업부하를 사용하여 실제적인 시나리오를 적용함
- 작업부하에 대해 충분히 이해하여야 함

이 논문에서 스토리지 시스템 성능평가 절차 중 성능파라미터정의와 결과측정 및 분석만을 기술한다.

#### 3.2 성능 파라미터

스토리지 장치가 단일 디스크, 디스크 배열, 외부 스토리지 서버 등 다양하게 구성될 수 있으므로 스토리지 성능평가에서는 추상화되어진 논리적인 저장장치를 사용한다. 다음은 성능을 위한 주요 파라미터이다.

- 읽기 및 쓰기 비율을 고려
- 순차 및 임의 I/O의 비율을 고려
- 데이터 블록 크기

작업부하 구성의 구성을 위해서는 I/O커맨드 생성 시 위의 접근 고려사항을 반영하여야 하며, 동시 접근에 대해 설정을 위해 스트림의 수를 결정한다. 기본적인 I/O 성능 시험은 SPC-1에 정의를 참고한다.

I/O 블록 크기는 SPC-1 에서 정의한 2Kbyte-8Kbyte의 블록 크기, 벤더에서의 벤치마크에서 고려하고 있는 4Kbyte-8Kbyte 블록크기를 사

용한다. SPC-2 응용을 위해서 블록 크기는 256KMbyte, 1,024 Kbyte 를 고려한다. I/O 요청은 임의 읽기를 대상으로 하며 IOPS의 성능지표를 위한 대표 값으로는 4Kbyte를 고려한다.

스토리지 시스템의 성능평가를 위한 주요지표로는 산출율 수준 평가를 위한 IOPS와 MBPS 를 사용한다. 스토리지 성능지표로 OLTP, 임의 R/W 데이터 스토리지용도의 경우 IOPS를 VOD, 백업(backup), 순차입출력의 데이터스토리지용의 경우 MBPS를 제안한다. 부수적으로 특정 스토리지에 대한 응용이 다수의 사용자에 의해 운영되어지는 경우 응답시간을 사용한다.

### 3.3 성능측정 및 분석

벤치마크의 결과는 예측의 정확성을 비교하기 위해 성능시험 결과 값은 95% 신뢰구간을 결과가 갖도록 함으로서 결과의 안정성을 얻도록 한다.

[표 1] 클라이언트 응답시간

	NGS	Eva4400
AVG	3400.35	4412.1875
STD VAR	25.1443726	301.7308334
MEDIUM	3406.5	4437
MIM	3321	4047
MAX	3420	4859
AVGDEV	15.41	253.9375

표 1은 매크로 벤치마크 도구인 postmark를 사용한 응답시간의 통계값을 보인 것으로 작업부하를 위한 파라미터에서 데이터블록의 크기는 1Kbyte로 지정하였으며, 트랜잭션의 수를 100,000만으로 지정하여 높은 I/O 요청을 발생시켰다. 읽기와 쓰기의 비율은 약 3.5:6.5의 비율로 구성하였다. DRAM 기반 스토리지 장치인 NGS 시스템과 디스크 매체기반 스토리지인 HP의 Eva4400의 수행 결과에서 평균 응답시간은 NGS 시스템이 Eva4400의 77.06 % 정도로 짧다. 또한 응답시간의 절대 편차의 평균인 AVGDEV 을 통해 응답치 집합의 분산 정도가 Eva4400이 NGS 시스템에 비해 16배 이상이다. 이는 디스크 매체가 같은 특징인 탐색시간(seek time)과 회전지연(rotational delay)에 의한 영향임을 알 수 있다.

그림 2는 Eva4400스토리지 시스템의 벤치마크 수행에 따른 트랜잭션 수행시간 특성을 보인 것으로

평균 데이터 전송률은 캐쉬가 채워지기 위해 필요한 시간인 가열시간(warming time)에 의해 영향을 받게 되며 이는 올바른 성능평가의 잡음요소로서 작용한다. 이를 해결하기 위해서는 반복수행의 결과값 중 가열시간의 값을 제외하여야 하며, 올바른 성능평가를 위해서는 단순 산술평균 값(mean value)을 사용하는 것 보다 중간값(median value)을 사용한다.

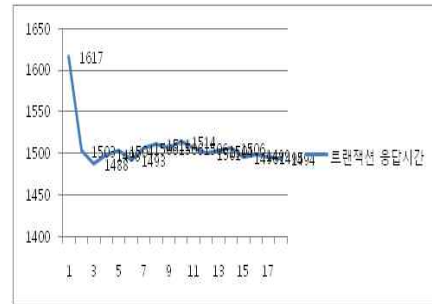


그림 2 디스크 기반 스토리지 응답시간 특성

## 4. 결론

스토리지 시스템에 대한 성능시험 및 평가는 스토리지 설계 시에 참조되어지는 응용을 위한 디스크 공간의 형상, 디스크 어레이의 RAID 수준 결정 및 응용할당 등에 상당히 많은 시간을 소비하고 오류의 발생하기 쉽다. 그러나 응용작업부하와 스토리지 시스템간의 많은 상호작용이 발생함에 따라 성능 예측이 어렵다. 스토리지 시스템의 성능평가는 다양한 측정조건 때문에 결과 값에 대한 공평성 문제가 있다.

이 논문에서는 스토리지 시스템의 올바른 성능시험 및 평가를 위한 시험환경을 정의하였다. 정의된 시험환경은 NGS 성능분석 및 개선 항목 도출에 이용한다.

## 참고문헌

[1] G.P. Bozman, H.H. Ghannad, E.D. Weinberger. A trace-driven study of CMS file references. IBM Journal of Research and Development, Vol. 35, No. 5/6, pp. 815-828. September/November, 1991.

[2] Chiming Chiang, Matt W. Mutka. Characteristics of User File Usage Patterns. Systems and Software, Vol. 23, No. 3, pp.

- 257-268. December, 1993.
- [3] Michael Mesnier, Matthew Wachs, Raja R. Sambasivan, Julio Lopez, James Hendricks, Gregory R. Ganger, //TRACE: Parallel trace replay with approximate causal events Proceedings of the 5th USENIX Conference on File and Storage Technologies. San Jose, CA, February 13 - 16, 2007.
- [4] Transaction Processing Performance Council. TPC, BenchmarkC, Draft Specification, Revision4.0.q, Aug. 1999.
- [5] Storage Performance Council. SPC, <http://www.storageperformance.org/specs>, SPC-1 specification, V1.11 July 2009.
- [6] Storage Performance Council. SPC, <http://www.storageperformance.org/specs>, SPC-2 specification, V1.3 July 2009.
- [7] Standard Performance Evaluation Corporation, <http://www.spec.org/sfs2008/>, 2008
- [8] R. Coker, "Bonnie++ Benchmark Tool," <http://www.coker.com.au/bonnie++/>, 2004.
- [9] D. Capps and W.D. Norcott, "Iozone Filesystem Benchmark," <http://www.iozone.org/>, 2004.
- [10] J. Katcher, "PostMark: A New File System Benchmark," Technical Report 3022, Network Appliance, 1997.