

스토리지 성능 평가지침 개발 연구

A Study on Development of the Evaluation Guideline for the Storage Performance

고대식*

Dae-sik Ko*

요 약

본 연구에서는 스토리지 성능평가에 필요한 대표적인 성능지표로 IOPS 및 MB/s 을 결정하고 이를 평가하기 위한 지침을 개발하였다. 현재, 벤더 중립적인 스토리지 평가기준이 없기 때문에 스토리지 성능평가나 스토리지 자원 규모를 설계하는데 어려움이 있었다. 연구결과, OLTP 응용에 활용되는 스토리지는 IOPS를 성능지표로 하고 측정을 위한 블록크기는 4KB, 8KB, 16KB, 읽기대쓰기 비율은 7:3으로 측정하는 것을 제안하였다. 한편, 백업, VOD, LFP(Large File Processing) 과 같은 대용량 처리 응용에 사용되는 스토리지는 MB/s 를 성능지표로 하고, 측정을 위한 블록크기는 64KB, 256KB, 1,024KB 으로 하고 읽기대 쓰기 비율은 1:0 으로 하는 것을 제안하였다. 끝으로 개발된 평가지침을 이용한 측정결과보고서 양식을 개발하였으며 측정도구로는 플랫폼에 비종속적인 Vdvench 측정도구를 제안하였다.

Abstracts

In this paper, we chose IOPS(input output operation per second) and MB/s as a performance standard, and we developed the evaluation standard for the storage performance. Since there is no vendor-neutral evaluation criteria for storage performance, it is difficult to evaluate storage performance and design the storage resource's sizing. We proposed block size for measurement of the storage's IOPS for OLTP(online transaction processing) application to 4KB, 8KB and 16KB and read/write rate of it to 7:3. On the other hand, we proposed block size for measurement of the storage's IOPS for backup, VOD, Large file processing) to 64KB, 256KB and 1024KB and read/write rates of it to 7:3 and 1:0. Finally, we proposed the Vdvench BMT tool, which is independent on platform. We also developed the result reporting tool for developed evaluation criteria.

Keyword : Storage, Evaluation criteria, Storage performance, IOPS

I. 서 론

스토리지 시스템은 스토리지의 용량(capability), 신

뢰성(reliability), 가용성(availability) 그리고 성능(performance)을 개선하기 위하여 구성된 디스크 저장 장치의 집합체로 실시간 데이터처리가 요구되는 항행관제분야나 우주항공 시스템에서 매우 중요한 요소이다[1][2][3]. 스토리지 시스템은 활용 목적에 따라

* 목원대학교 교수

· 제1저자 (First Author) : 고대식

· 투고일자 : 2010년 3월 21일

· 심사(수정)일자 : 2010년 3월 22일 (수정일자 : 2010년 4월 19일)

· 게재일자 : 2010년 4월 30일

디스크 어레이(disk array), 테이프 라이브러리(tape library), 디스크-테이프(disk-tape) 백업 시스템, 그리고 디스크와 플래시 드라이브(Flash 기반 SSD)로 구성된 하이브리드 스토리지 등 다양하다. 여기서 SSD는 반도체 스토리지를 말하며 Flash를 저장매체로 사용하는 것과 DRAM을 저장매체로 사용하는 두 가지 유형이 있으며 지금까지 데이터센터에서는 디스크 어레이가 주요 스토리지 시스템으로 사용되고 있으나 최근에는 SSD를 이용하는 하이브리드 형에도 관심을 갖게 되었다. [4]

스토리지의 성능요소 지표에는 기본적으로 저장 용량과 단위 시간당 입출력 동작처리 건수를 나타내는 IOPS(Input Output Operation Per Second), 단위시간당 I/O 데이터처리량을 나타내는 MB/s, 혹은 MBPS(Megabyte Per Second), 그리고 사용자의 요청을 처리 완료하는 시간을 나타내는 응답시간(response time) 등이 있다. 스토리지 벤더들은 이러한 성능요소들에 대한 결과 값을 대부분 공개하지 않고 있으며, 각 벤더의 자체 실험조건과 실험방법 또한 공개하지 않는 실정이다.[5]

본 연구에서는 스토리지 성능평가에 필요한 대표적인 성능지표로 IOPS 및 MB/s (혹은MBPS)을 결정하고 이를 평가하기 위한 기준들을 개발하였다. 이와 같은 내용을 연구하기 위하여 본 연구에서는 스토리지 성능평가 기관인 SPC 협회의 SPC-1, SPC-2 성능

평가 스펙을 조사 분석하였고 주요 스토리지 벤더와의 협의를 통하여 의견을 조율하였으며 스토리지 등급별 벤더 모델의 스펙을 조사 분석하였다. SPC는 스토리지 시스템 벤치마크 스펙을 정의하고 BMT 결과를 제공하는 비영리 단체로써 IBM, HP, HDS, SUN, Fujitsu 등 대부분의 스토리지 벤더가 회원으로 활동하고 있는 단체이다[6].

II. 스토리지 성능평가 요소 분석

2-1. 스토리지 시스템

그림 1은 이와 같은 스토리지 장비의 구성을 보인 것이다. 그림 1에서 스토리지 시스템은 장치관리(device manager), 볼륨관리(volume manager) 그리고 원시파일(raw) 및 파일시스템(file system) 관리를 위한 소프트웨어 파트와 관리 소프트웨어의 운영을 위한 서버 하드웨어 플랫폼(server) 그리고 HBA(host bus adaptor) 및 Fibre channel과 같은 인터페이스 그리고 캐시, 컨트롤러, 저장장치를 포함하는 스토리지 장치(storage system)로 구성된다. 사용자 응용(application)은 관리 소프트웨어를 통해 구성되어진 볼륨 상의 파일 시스템에 대한 접근이 이루어진다[2].

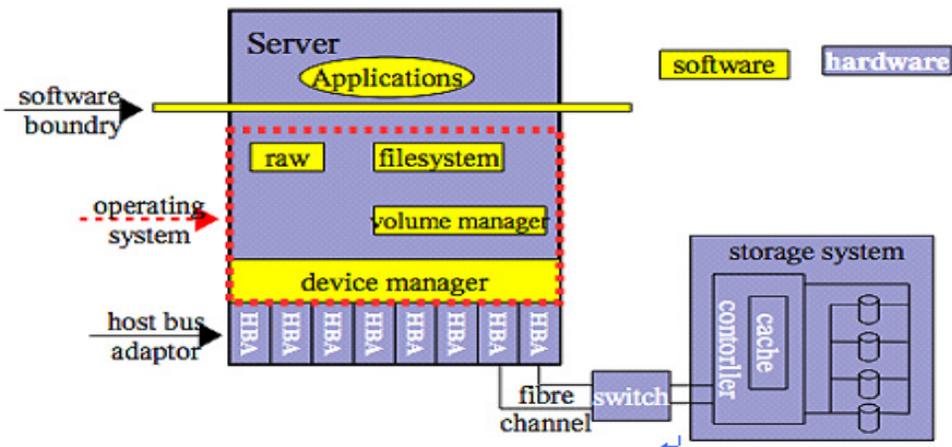


그림 1 스토리지 장비 구성
Fig. 1. Structure of the storage system

2-2. IOPS, Capacity, Reliability, MB/s 등 성능요소 분석

스토리지 시스템 성능평가의 첫 번째 단계는 시스템의 성능 특징인 성능요소 즉 성능평가지표를 추출하는 것이다. 스토리지 성능의 대표적인 평가지표로는 IOPS와 MB/s 와 같은 처리량(throughput), 응답시간(response time)이 있으며 이외에도 CPU 사용률, 가용성(availability)과 같은 지표가 있으며 이를 좀 더 자세하게 설명하면 다음과 같다.

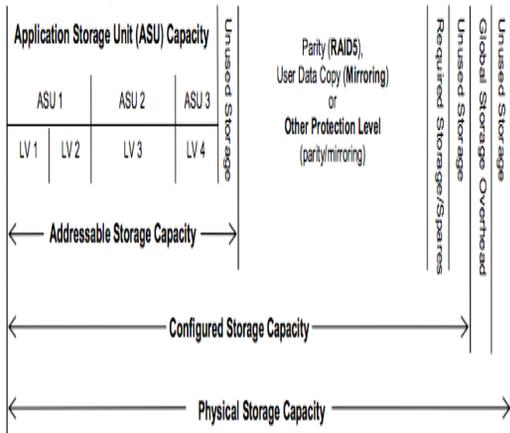


그림 2 SPC에서 정의하는 스토리지 계층 구조
Fig.2. Layer structure of storage by SPC

가. IOPS

IOPS (Input/output operation per second)는 초당 I/O 동작 처리건수로 정의된다. IOPS는 일반적으로 이메일 서비스나 금융서비스에서 사용되는 임의의 읽기 쓰기 특징이 있고 4KB에서 16KB 정도의 작은 블록의 I/O를 갖는 OLTP (online transaction processing) 응용을 위한 스토리지의 성능 지표로 매우 중요하게 활용될 수 있다.

나. Capacity (용량)

스토리지 용량은 스토리지가 확보하고 있는 저장 공간의 크기로 정의할 수 있다. SPC에서는 스토리지 용량에 대하여 Physical Storage Capability(PSC), Configured Storage Capability(CSC), Addressable Storage Capability(ASC), Logical Volumes(LV) 로 구분하여 스토리지 용량을 정의하고 있다. 그림 2는 SPC에서 정의한 스토리지 용량의 계층구조를 보인 것이

다. ASC는 호스트 시스템에서 어플리케이션 프로그램에 의해 읽고 쓸 수 있는 전체 스토리지를 표현하는 것으로 ASU는 한개 이상의 LV로 구현될 수 있으며 각 LV는 동일한 크기를 갖는다. CSC는 ASC와 미러링 (Mirroring)을 위한 용량을 포함한 용량을 표현하는 용어이며 PSC는 포맷되어진 스토리지 용량으로서 사용되어지지 않는 용량까지 모두 포함하는 물리적인 테스트 저장용량을 의미한다. [6]

다. MB/s

MB/s는 MBPS라고도 하며 단위시간당 스토리지가 처리하는 바이트수로 정의된다. 단위에서 볼 수 있듯이 MBPS는 스토리지 시스템이 단위시간당 처리할 수 있는 데이터의 전송률(transfer rate)이며 업무의 특성상 대용량 파일처리(LFP)나 배치처리(batch processing) 그리고 VOD(Video On Demand)와 같은 응용을 위한 스토리지 성능지표로 매우 중요한 기준이 된다.

라. CPU 소비율(CPU utilization)

CPU의 소비율은 시스템이 사용자가 요청한 작업 부하를 처리하기 위하여 CPU가 사용된 시간으로 정의한다. 그러므로 단위시간당 I/O 요청의 수가 증가됨에 따라 CPU 소비율이 증가되게 될 것이다. 동일 스토리지에 대한 동일 작업부하가 주어지는 경우 CPU 소비율은 전체 시스템 중 CPU의 처리능력 또는 CPU 등급에 의해 결정된다. 이상의 스토리지 성능요소들 이외에도 벤더에 따라서는 복제(Replication)성능이나 TPS(transaction per second) 성능 그리고 썬프로비저닝(thin provisioning)과 같은 가상화 성능지원이나 관리운영에 관한 성능도 언급하는 벤더도 있다.

III. 스토리지 성능평가기준 개발

3-1. 스토리지 성능지표 기준

스토리지 시스템 성능의 성능지표인 IOPS 및 MB/s, 응답시간(response time), CPU 사용률, 가용성(availability) 중에서 IOPS, MB/s 를 성능평가지표로 제안하였다. IOPS (Input/output operation per second)

는 초당 I/O 동작 처리건수로 정의되며 일반적으로 이메일 서비스나 금융서비스에서 사용되는 임의의 읽기쓰기 특징이 있고 4KB에서 16KB 정도의 작은 블록의 I/O를 갖는 OLTP (online transaction processing) 응용을 위한 스토리지의 성능지표로 매우 중요하게 활용될 수 있기 때문이다.

MB/s는 MBPS라고도 하며 단위시간당 스토리지가 처리하는 바이트수로 정의된다. 단위에서 볼 수 있듯이 MBPS는 스토리지 시스템이 단위시간당 처리할 수 있는 데이터의 전송률(transfer rate)이기 때문에 업무의 특성상 대용량 파일처리(LFP)나 배치처리(batch processing) 그리고 VOD(Video On Demand)와 같은 응용을 위한 스토리지 성능지표로 매우 중요한 기준이 될 수 있다. 표 1은 SPC-1에서 제시하는 주요벤더들의 IOPS 측정결과를 정리한 것이다. [6][7]

3-2. 블록크기 기준

스토리지의 중요한 성능지표인 IOPS와 MB/s 를 측정할 때 데이터의 처리블록크기에 따라 커다란 차이가 있다. IOPS 측정을 위하여 블록크기를 512B부터 128KB 까지 다양하게 변화시켰을 때, IOPS는 I/O 동작 처리건수를 측정하는 것이므로 당연히 블록크기가 가장 작을 때 즉 512B일 때 가장 커다란 값을 나타낸다. 반면에 MB/s 는 블록크기가 클수록 오히

려 높은 값을 나타내고 있다. [4]

블록크기가 작을수록 IOPS 값은 높게 측정되지만 실제 응용분야에서 블록단위 읽기쓰기에서 블록크기가 512B 인 응용프로그램은 거의 없고 이메일이나 웹서버 등의 OLTP 성 처리의 대부분은 4KB, 8KB, 16KB 블록크기이다. 그러므로 OLTP 응용에 활용되는 스토리지의 IOPS 성능지표 측정을 위한 블록크기는 4KB, 8KB, 16KB를 포함하여 측정하는 것을 제안하였다. 하지만 백업, VOD, LFP(Large File Processing) 응용에 사용되는 스토리지는 IOPS 보다 MB/s 성능이 중요하기 때문에 MB/s를 성능지표로 하고 측정은 SPC-2의 의견을 기반으로 64KB, 256KB, 1,024KB로 권고하고 대표 값은 실제응용에 따라서 다르게 적용하는 것을 권고하였다. 즉 VOD 스토리지와 LFP를 위한 MB/s의 대표 값은 256KB, 배치작업이나 LDQ(Large Data Query)를 위한 MB/s의 대표 값은 64KB, 백업 스토리지를 위한 MB/s의 대표 값은 1,024KB를 대표 값으로 하는 것이 가능한 실제 상황과 유사하면서 최대성능을 표현할 수 있기 때문이다. 그럼에도 불구하고 MB/s에 대하여 반드시 하나의 대표 값이 필요하다면 이 세가지 응용에 따른 MB/s 결과 값의 평균값이나 혹은 블록크기가 256KB 일 때의 MB/s 값을 선택하는 것을 권고하고자 한다.

표 1. IOPS 측정결과
Table 1. Measurement results of the IOPS

| SPC-1 Results 정리표 | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------------------------|------------|------------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| 회사명 | 모델명 | IOPS | Total ASU Capacity(GB) | Total TSC Price | Physical Storage Capacity(GB) | read response time(100%) | write response time(100%) | |
| IBM | IBM PowerTM 595 with PowerVMTM (SSD) | 300,993.85 | 2874.944 | \$3,243,117.000 | 5862.630 | 6.73 | 3.47 | |
| TMS | Texas Memory Systems RamSan-400 | 291,208.58 | 137.439 | \$194,785.000 | 154.619 | 0.87 | 0.86 | |
| IBM | IBM System Storage SAN Volume Controll | 272,505.19 | 24433.589 | \$3,284,767.000 | 112754.487 | 17.78 | 12.04 | |
| 3PAR | InServ® T800 Storage Server | 224,989.65 | 77824.000 | \$2,091,667.000 | 187924.144 | 13.72 | 3.00 | |
| Hitachi data | Hitachi Universal Storage PlatformTM V | 200,245.73 | 26000.000 | \$3,525,389.000 | 150528.000 | 8.89 | 2.45 | |
| HP | XP24000 Disk Array | 200,245.73 | 26000.000 | \$3,596,623.000 | 150528.000 | 8.89 | 2.45 | |
| Sun | Sun StorageTek® 9990V System | 200,245.73 | 26000.000 | \$3,466,309.000 | 150528.000 | 8.89 | 2.45 | |
| IBM | IBM System Storage DS8300 Turbo | 123,033.40 | 9103.360 | \$2,336,626.450 | 56377.243 | 17.88 | 14.71 | |
| Fujitsu | ETERNUS8000 Model 1100 | 115,090.06 | 10854.400 | \$1,855,100.000 | 48916.322 | 33.59 | 26.99 | |
| TMS | Texas Memory Systems RamSan-320 | 112,491.34 | 68.719 | \$168,776.000 | 77.309 | 0.65 | 0.78 | |
| Fujitsu | ETERNUS6000 Model 1100 | 108,745.34 | 11377.366 | \$1,327,787.000 | 24076.479 | 16.43 | 9.33 | |
| IBM | IBM TotalStorage® DS8300 (Release 6.1.6) | 101,101.68 | 6755.600 | \$2,185,472.000 | - | 12.98 | 10.78 | |
| Fujitsu | ETERNUS6000 Model 1100 | 100,242.23 | 11377.366 | \$1,342,738.000 | 23771.201 | 11.30 | 5.17 | |
| 3PAR | InServ™ S800 X-Series (8-node) Storage Se | 100,045.74 | 16468.672 | \$1,482,977.000 | 35415.571 | 19.33 | 7.78 | |
| 3PAR | InServ® F400 Storage Server | 93,050.06 | 27046.695 | \$548,432.000 | 56377.243 | 16.39 | 3.94 | |

3-3 읽기쓰기 비율기준

IV. 결 론

SPC 및 벤더의 스토리지 BMT 측정 시 사용하는 읽기 쓰기 비율을 분석한 결과, SPC에서는 읽기 100%, 쓰기 100% 그리고 읽기와 쓰기 50%, 50%로 2가지를 측정하고 있으나[8], 본 연구에서는 국내 스토리지 BMT 전문가들의 의견 수렴을 통하여 읽기쓰기 비율을 7 : 3 으로 하는 것을 권고하고자 한다. 물론 읽기 100%, 쓰기 100% 인 조건에서 측정하는 것이 의미 있을 경우가 있다. 예를 들어 최근 널리 시장을 확장하고 있는 IPTV의 VOD 서비스는 읽기비율이 100% 인 응용분야이다.

본 연구에서는 이상과 같은 스토리지 성능평가지표별 평가기준을 고려한 측정결과보고서 양식을 개발하였다. 표 2는 본 연구의 결과를 요약한 스토리지 성능평가 결과보고서 양식이다.

표 2에서 측정도구로 제시된 Vdbench 는 java로 작성되었기 때문에 다수의 플랫폼에서 동작할 수 있고 SPC-1 과 SPC-2 스펙에 의한 측정이 가능한 BMT 도구이다. [9]

표 2. 스토리지 성능지표별 평가결과보고서 양식
Table 2. Report form of the storage performance

| 구분 | | 블록 크기 (KB) | Read/ write 비율 | | |
|-------------|------|------------|----------------|-------|---------|
| 응용 | 지표 | | 1.0 | 0 : 1 | 0.7:0.3 |
| OLP T (응용명) | IOPS | 4 | | | |
| | | 8 | | | |
| | | 16 | | | |
| 대용량 (응용명) | MB/s | 64 | | | |
| | | 256 | | | |
| | | 1024 | | | |
| Tool | | Vdbench | | | |
| 측정스토리지 모델명 | | | | | |
| Date | | | | | |

본 연구에서는 스토리지 성능평가에 필요한 대표적인 성능지표로 IOPS 및 MB/s (혹은MBPS)을 결정하고 이를 평가하기 위한 가이드라인들을 개발하였다. 실시간 데이터 처리가 요구되는 응용은 크게 OLTP와 대용량 처리(백업, VOD) 로 나눌 수 있으며, OLTP 응용에 활용되는 스토리지의 성능지표로는 IOPS가 적합하며, IOPS 측정을 위한 블록크기는 데이터처리크기가 작기 때문에 4KB, 8KB, 16KB로 하는 것을 제안하였다. 한편, 백업, VOD, LFP(Large File Processing) 응용에 사용되는 스토리지의 성능지표로는 MB/s 가 적합하며, MB/s 측정은 대용량 데이터를 처리하기 때문에 64KB, 256KB, 1,024KB 로 하는 것을 제안하였다. 또한 성능지표 측정시의 읽기와 쓰기 비율은 7 : 3 으로 하고 성능측정 도구로서는 java로 작성되었기 때문에 다수의 플랫폼에서 동작할 수 있는 Vdbench 측정도구를 권고하였다.

본 연구의 결과 중 BMT를 위한 스토리지 성능지표, 측정조건, 측정도구, BMT 결과보고서 양식을 포함하는 스토리지 성능평가 지침은 스토리지 도입을 위한 BMT의 표준으로 활용될 수 있을 것이다. 단, 표준화 과정에서 스토리지 성능의 IOPS와 MB/s 의 측정조건에서 본 연구에서 제안하는 블록크기와 읽기 쓰기 기준을 수용하지 않고 응용별로 서로 다른 기준을 적용하자는 벤더가 있을 수 있다. 향후, 의견수렴을 통한 표준화 작업과 다양한 인터페이스와 SAN, NAS별 측정시스템의 구성을 포함하는 세부측정방법에 대한 연구가 계속되어야 하겠다.

감사의 글

연구에 도움주신 스토리지벤더들과 강윤희교수님께 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] 윤준영, "스토리지 성능분석", 시사컴퓨터, 2003년 7월호

[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] Solid Data systems, "Impact of Solid-state disk on high-transaction rate databases", *Solid data systems, Inc. White paper*, 2005 Feb,

[5] Transaction Processing Performance Council. TPC, Benchmark, Draft Specification, Revision4.0.q, Aug. 1999.

[6] Storage Performance Council. SPC, <http://www.storageperformance.org/specs>, PC-1 specification, V1.11 July 2009.

[7] Storage Performance Council. SPC, <http://www.storageperformance.org/specs>, SPC-2 specification, V1.3 July 2009.

[8] Standard Performance Evaluation Corporation, <http://www.spec.org/sfs2008/>

[9] <http://wareseeker.com/free-vdbench-manual/>

고 대 식(高大植)



1978. 3.~1982. 2. 경희대학교
전자공학과 공학사

1987. 9.~1991. 2. 경희대학교
전자공학과 공학박사

1989~현재 목원대학교
전자공학과 교수

1989.~현재 목원대학교 전자공학과 교수

1994.~1995. UCSB Post-Doc.

1996.~2000. 한국통신학회, 한국음향학회 편집위원, 이사

2001.~2003. 목원대학교 학술정보처장

2008.~현 재 한국정보기술학회 수석부회장.

관심분야: 실시간멀티미디어 통신, SSD, 클라우드컴퓨팅