

Modeling for Capacity Planners in Storage Systems using Computational Storage Drives

Hongsu Byun, Youngjae Kim

Department of Computer Science and Engineering, Sogang University, Korea

Samsung 의 SmartSSD[1], NGD Systems 의 Newport[2]는 In-Storage Processing(ISP)기술이 탑재된 대표적인 상업적 Computational Storage Device(CSD)이다. 그림 1 은 SmartSSD 와 Newport 에 ISP 를 위해 탑재된 프로세서의 연산 처리 능력 평가를 보여준다. 각 CSD 에서 대표적인 빅데이터 분석 워크로드인 Vector Addition 의 실행 시간을 측정했다. 결과는 host CPU(AMD EPYC 7351)의 실행시간에 정규화 하였다. SmartSSD 와 Newport 의 실행 시간은 각각 host CPU 보다 4.6 배, 10.0 배 느렸다. 그림 2 는 SmartSSD 와 Newport 의 내부/외부 I/O 대역폭 평가를 보여준다. 놀랍게도 두 CSD 각각 외부 보다 내부 I/O 대역폭이 15%, 58% 낮았다. 이처럼 상업적 CSD 는 제조사별 표준화되지 않은 복잡하고 낮은 성능으로 인해 스토리지 시스템을 구성 할 때 효율성을 파악하기 어렵다. 본 초록에서는 스토리지 시스템을 구성하는 스토리지 아키텍트들에게 CSD 효율성 파악을 위한 소프트웨어 엔진 *Capacity Planner* 를 소개한다. *Capacity Planner* 는 워크로드 처리 시간 관점의 수학적 모델링을 통해 여러 개의 SSD/CSD 를 사용할 때 CSD-system 이 SSD-system(host CPU 로 연산 처리) 보다 높은 성능을 갖는 Break-even Point (BEP)를 찾고, CSD 성능(연산 능력 및 내부 I/O 대역폭)에 따른 BEP 변화를 통해 스토리지 시스템에서 CSD 의 효율성을 분석할 수 있다.

1 개의 CSD 와 SSD 를 사용하는 CSD₍₁₎-system 과 SSD₍₁₎-system 의 워크로드 처리 시간(T_{CSD} , T_{SSD})은 데이터 전송 시간(T_{CSD-tx} , T_{SSD-tx})과 연산 시간($T_{CSD-comp.}$, $T_{SSD-comp.}$)으로 나눌 수 있다. N 개의 CSD/SSD 를 사용하면(워크로드에 필요한 데이터는 N 개의 SSD/CSD 에 균일하게 분산 저장되어 있다고 가정) CSD_(n)-system 의 처리시간(T_{N-CSD})은 워크로드를 각 CSD 에서 병렬처리가 가능하므로 Amdahl's law 에 의해 데이터 전송과 연산 시간이 모두 $1/N$ 로 줄어든다. 반면 SSD_(n)-system 의 처리시간(T_{N-SSD}) 경우 데이터 전송 시간은 $1/N$ 로 줄어들지만, 연산은 하나의 host CPU 가 처리하기 때문에 연산시간은 줄어들지 않는다. 따라서 $T_{N-CSD} = 1/N \cdot T_{CSD-comp.} + 1/N \cdot T_{CSD-tx}$, $T_{N-SSD} = T_{SSD-comp.} + 1/N \cdot T_{SSD-tx}$ 이다. N 에 대해 정리하면 $N \geq \lceil T_{CSD-tx} + T_{CSD-comp.} - T_{SSD-tx}/T_{SSD-comp.} \rceil$ 이고, 이를 CSD 의 연산처리와 데이터 전송 시간의 대한 함수 f 로 표현 시 $f(T_{CSD-tx}, T_{CSD-comp.}) = \max(\lceil T_{CSD-tx} + T_{CSD-comp.} - T_{SSD-tx}/T_{SSD-comp.} \rceil, 1)$ 이다. 함수 값(BEP)는 1 보다 작을 수 없으며, T_{CSD-tx} 와 $T_{CSD-comp.}$ 의 감소는 각각 CSD 의 내부 I/O 대역폭과 연산 성능의 향상을 의미한다. 그림 3 은 SmartSSD 의 Vector Addition 에서 *Capacity Planner* 를 사용한 함수 f 의 그래프를 나타낸다. 최초 BEP(1, 1, 5)는 5 이며, 연산 성능(x축)과 내부 I/O 대역폭(y축) 향상에 따른 BEP 변화(z축)를 알 수 있다. 연산 성능과 내부 I/O 대역폭이 각각 약 2 배 정도가 되었을 때 BEP(2, 2, 1)는 1 이 된다. *Capacity Planner* 를 사용하여, 스토리지 아키텍트들은 시스템을 구성할 때 CSD 의 효율성을 파악할 수 있으며 뿐만 아니라 CSD 제조사들은 향후 CSD 성능 설계에 참고할 가이드라인으로 활용할 수 있다.

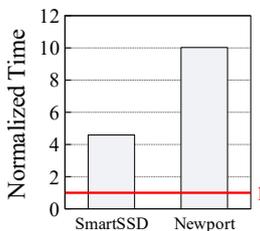


Fig 1. Exec. Time

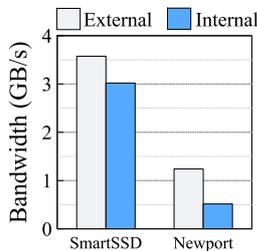


Fig 2. Bandwidth

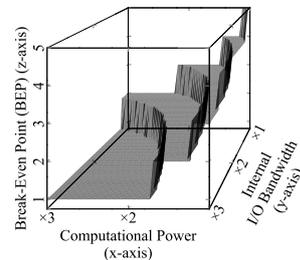


Fig 3. Changes of Break-even Point

Acknowledgments This work was supported by Institute for Information & communications Technology Planning & Evaluation (IITP) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2021-0-00136, Development of Big Blockchain Data Highly Scalable Distributed Storage Technology for Increased Applications in Various Industries).

References [1] <https://semiconductor.samsung.com/kr/ssd/smart-ssd/>. [2] <https://ngdsystems.com/solutions/>.