

NFS 게이트웨이를 이용한 하둡 분산 파일 시스템의 성능 연구

이종백⁰¹ 박종혁¹ 이재훈¹ 박재호² 이상원¹

¹성균관대학교

²엑셈

hundredbag@skku.edu, akindo19@gmail.com, ljhh0611@gmail.com,

jaypark@ex-em.com, swlee@skku.edu

Performance Evaluation of Hadoop Distributed File System Using NFS Gateway

Jongbaeg Lee⁰¹ Jong-Hyeok Park¹ Jaehun Lee¹ Jaeho Park² Sang-won Lee¹

¹Sungkyunkwan University

²EX-EM

요 약

하둡 분산 파일시스템(HDFS)은 마스터/슬레이브로 구성되는 범용 하드웨어로 이루어진 클러스터를 이용하여 데이터를 분산 저장한다. HDFS는 저비용의 하드웨어를 이용하기 때문에 시스템의 구축 및 확장에 필요한 비용이 낮다는 장점이 있지만, POSIX 표준과 다른 API를 제공하기 때문에 분산 파일 시스템을 이용하는 애플리케이션에서 파일시스템의 데이터에 접근하기 어렵다는 단점이 있다. HDFS에서 제공하는 NFS 게이트웨이 기능은 HDFS를 클라이언트의 로컬 파일시스템에 NFS로써 마운트할 수 있는 기능으로, 이 기능을 이용할 경우 NFS와 HDFS 두 가지 분산 파일 시스템의 장점을 취할 수 있을 것으로 기대된다. 본 논문에서는 HDFS NFS 게이트웨이를 이용할 때의 순차 읽기, 임의 읽기 성능을 측정하고, 그 결과를 분석한다. 성능 측정 결과 HDFS에서 NFS 게이트웨이를 이용하는 경우, 읽기 성능이 감소됨을 확인할 수 있으며, 특히 임의 읽기의 성능이 매우 낮게 측정되는 특징을 확인할 수 있다.

1. 서 론

IT 시장 조사 업체인 International Data Corporation의 한 연구에서는 2020년까지 온라인 정보 서비스 ‘디지털 유니버스’의 누적 데이터의 양이 약 40,000 엑사바이트에 도달할 것으로 예상한다 [1]. 데이터의 양이 기하급수적으로 증가함에 따라, 네트워크로 연결된 여러 컴퓨터에 데이터를 저장하고, 여러 서버에서 데이터를 공유하는 분산 파일 시스템의 필요성이 점차 높아지고 있다.

분산 파일 시스템 중 가장 널리 쓰이는 네트워크 파일 시스템(Network File System, NFS)은 클라이언트가 네트워크를 통해 원격에 저장되어 있는 파일에 접근할 수 있도록 한다. NFS는 POSIX 표준을 준수하기 때문에 NFS에 저장된 데이터를 이용하는 애플리케이션은 로컬 파일 시스템을 이용할 때와 같은 방식으로 분산 파일 시스템을 이용할 수 있다.

또 다른 분산 파일 시스템인 하둡 분산 파일 시스템(Hadoop Distributed File System, HDFS)[2]은 마스터/슬레이브 구조로 이루어

어지는 여러 컴퓨터로 구성된 클러스터를 통해 파일을 관리한다. HDFS는 범용 하드웨어를 이용하는 것을 가정하여 설계되었기 때문에, 하드웨어 실패를 대비하여 데이터 복제 방법으로 내고장성을 제공하며, 데이터에 병렬적으로 접근하여 높은 처리량을 제공한다.

NFS는 POSIX 표준을 준수하기 때문에 애플리케이션에서 파일 시스템에 저장된 데이터에 접근하는 것이 용이하다는 장점이 있다. 그러나, 일반적으로 NFS를 이용할 때, 고가의 스토리지 시스템을 이용하기 때문에 시스템의 구축과 확장에 높은 비용이 든다는 단점이 있다. 그에 비해 HDFS는 저비용의 하드웨어를 이용하는 Scale-out 기술이기 때문에 시스템의 구축과 확장에 필요한 비용이 낮지만, POSIX 표준을 준수하지 않는다는 단점이 있다.

이러한 문제를 극복하기 위하여 HDFS에서는 ‘NFS 게이트웨이’라는 기능을 제공한다. NFS 게이트웨이 기능은 HDFS에 저장된 데이터에 NFS와 동일한 방식으로 접근할 수 있도록 하는 기

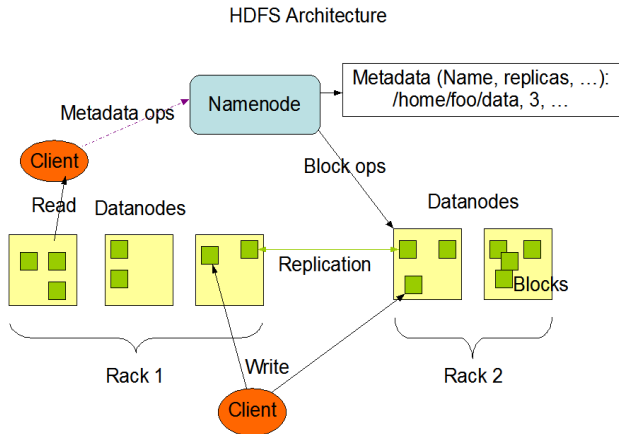


그림 1 하둡 분산 파일 시스템의 구조 [3]

능이다. NFS 게이트웨이 기능을 이용하면 NFS와 HDFS의 장점을 모두 취할 수 있을 것으로 기대되며, 따라서 NFS 게이트웨이 기능을 이용할 때의 성능을 파악하기 위한 연구가 필요하다.

이를 위해, 본 논문에서는 HDFS에서 제공하는 NFS 게이트웨이를 이용해서 HDFS에 저장된 데이터를 조회하는 클라이언트의 성능을 측정하고 그 결과를 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구로써 HDFS와 HDFS NFS 게이트웨이 기능에 관하여 설명한다. 3장에서는 HDFS의 성능과 HDFS NFS 게이트웨이를 이용할 때의 성능을 측정하고, 그 결과를 분석한다. 마지막으로 4장에서는 결론으로 본 논문을 마무리한다.

2. 관련 연구

2.1 하둡 분산 파일 시스템(HDFS)

HDFS는 범용 하드웨어 기반의 클러스터 시스템에서 데이터를 분산 저장하고 처리하기 위해 설계된 분산 파일 시스템으로, 구글 파일 시스템을 모델로 하여 개발되었다.

<그림 1>은 HDFS의 구조를 나타낸다. HDFS는 하나의 네임노드와 여러 데이터노드로 구성되는 마스터/슬레이브 구조로 이루어진다. 마스터 역할을 하는 네임노드는 파일 시스템에 저장된 데이터의 메타데이터를 저장하고 네임 스페이스를 관리한다. 슬레이브 역할을 하는 데이터 노드는 데이터를 분산하여 저장하고 클라이언트의 파일 연산 요청을 처리한다.

HDFS는 대용량의 파일을 기본 128MB로 설정된 블록으로 나누어 저장한다. 또한 하드웨어 실패를 대비하여 하나의 블록을 여러 데이터노드에 복제하여 저장하는 특징을 가진다. 이를 통해 HDFS는 데이터의 내고장성을 보장할 뿐 아니라 여러 데이터노드의 복제로부터 병렬적으로 데이터를 읽음으로써 높은 처리량을 보인다.

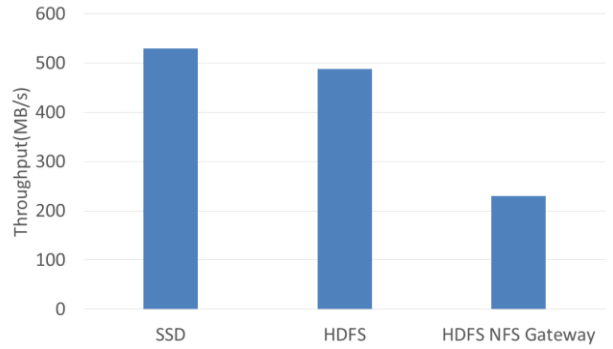


그림 2 순차 읽기 성능 측정 결과

2.2 HDFS NFS 게이트웨이

HDFS에 저장된 데이터에 접근하는 방법은 HDFS API를 이용하는 것과 web API를 이용하는 방법이 있다. 그러나 이 방법은 POSIX 표준을 준수하지 않기 때문에, 사용자 또는 일부 응용프로그램에서 HDFS에 저장된 데이터에 접근하는 것을 어렵게 하는 단점이 있다.

HDFS에서 제공하는 ‘NFS 게이트웨이[4]’ 기능은 클라이언트가 HDFS를 클라이언트의 로컬 파일시스템의 일부로 마운트 할 수 있도록 한다. NFS 게이트웨이 기능에서 제공하는 4가지 사용 패턴은 다음과 같다.

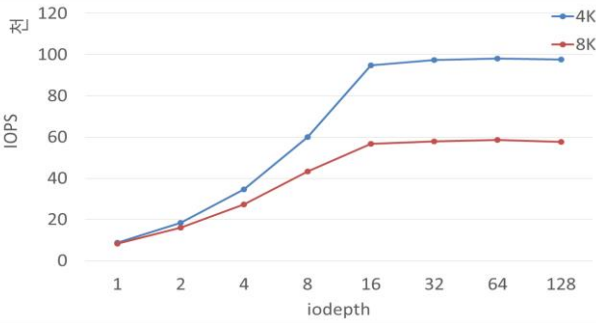
- 1) 사용자는 NFS 게이트웨이를 이용하여 HDFS에 저장된 데이터를 NFS가 마운트 된 로컬 파일시스템을 조회하는 방식과 같은 방식으로 조회할 수 있고, HDFS에 저장되어있는 데이터를 마운트 포인트로부터 직접적으로 스트리밍 할 수 있다.
- 2) 사용자는 HDFS에 저장된 파일을 로컬 파일시스템으로 다운로드 할 수 있다.
- 3) 사용자는 로컬 파일시스템에 저장된 파일을 HDFS에 업로드 할 수 있다.
- 4) 사용자는 마운트 포인트의 데이터에 대하여 새로운 데이터를 덧붙이는 것은 가능하지만 임의 쓰기는 불가능하다.

3. NFS Gateway를 이용한 HDFS의 성능 연구

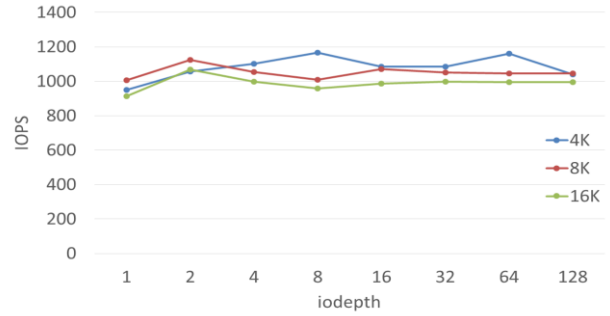
3.1 성능 평가 환경

본 장에서는 저장장치에 직접 접근할 때의 성능, HDFS 클러스터의 성능, 그리고 NFS 게이트웨이를 이용할 때의 성능을 측정하고, 그 결과를 분석한다.

벤치마크 성능 평가를 위한 HDFS 클러스터는 1개의 노드에서 네임노드와 데이터노드가 동시에 구동되는 방식으로 동작한다. 저장장치의 성능, HDFS NFS 게이트웨이를 이용할 때의 성능 측정에는 IO 성능 측정에 이용되는 fio[5] 벤치마크가 이용되었다. 또한 HDFS 클러스터의 성능 측정에는 하둡에서 제공하는



(a) 저장장치의 임의 읽기 성능



(b) NFS 게이트웨이의 임의 읽기 성능

그림 3 임의 읽기 성능 측정 결과

TestDFSIO 벤치마크가 이용되었다. 성능 측정을 위해 8GB의 데이터가 이용되었다.

실험은 Hadoop의 버전은 2.6.0 버전에서 수행되었고, 사용된 리눅스 커널은 3.10 버전이다. HDFS의 데이터 블록 크기는 기본 값인 128MB로 사용하도록 설정되었으며, 저장장치로는 삼성 SSD 850 Pro 1대가 이용되었다.

3.2 성능 평가 결과 및 분석

<그림 2>는 순차 읽기를 수행할 때, 저장장치, HDFS 클러스터, 그리고 NFS 게이트웨이에서의 읽기 처리량 성능을 나타낸다. 측정 결과 TestDFSIO 벤치마크를 통해 측정된 HDFS 클러스터의 처리량은 약 480MB/s로 측정된다. SSD에 직접 읽기를 수행할 때의 처리량은 약 530MB/s로 가장 빠르게 측정된다. 마지막으로 NFS 게이트웨이를 이용할 때의 처리량은 약 230MB/s로 측정된다. 이 성능은 저장장치의 성능의 약 43%, HDFS의 성능의 약 47%이며, 가장 느린 성능을 보인다.

<그림 3>은 임의 읽기를 수행할 때의 저장장치, HDFS NFS 게이트웨이에서의 IOPS 값을 나타낸다. <그림 3(a)>는 SSD에 직접 임의 읽기를 수행할 때의 성능을 나타낸다. SSD에 직접 임의 읽기를 수행한 결과, IO의 요청 단위인 블록 크기를 4K로 설정하였을 때, IO depth 값이 1일때의 IOPS는 약 9,000으로 측정된다. IOPS 값은 IO depth에 비례하여 증가하며, IO depth가 16 이상이 되면 약 100,000 IOPS를 보인다. 블록 크기를 8K로 설정한 경우에는 IO depth 값이 1일 때, 약 8,000 IOPS를 보인다. 이 때에도 IO depth에 비례하여 IOPS 값은 증가하고, IO depth가 16 이상이 되면 약 57,000 IOPS 값을 보이는 것으로 측정된다.

그림 3(b)는 NFS 게이트웨이를 이용할 때의 임의 읽기 성능을 나타낸다. 성능 평가 결과, 블록 크기를 4K로 설정하였을 때, IO depth에 관계 없이 약 1,100 IOPS의 성능을 보인다. 블록 크기가 8K일 때에도 IO depth에 관계 없이 모든 경우에서 약 1050 IOPS의 성능을 보이며, 블록 크기가 16K일 때에는 약 1,000

IOPS의 성능이 측정되는 것을 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 HDFS를 클라이언트의 로컬 파일시스템의 일부로 마운트 할 수 있는 기능인 NFS 게이트웨이를 이용할 때의 순차 읽기, 임의 읽기의 성능을 측정하고 그 결과를 분석하였다.

성능 측정 결과, NFS 게이트웨이를 이용할 때, 순차 읽기에서는 HDFS 클러스터의 처리량의 약 47%, 저장장치의 처리량의 약 43%의 성능을 보인다. 또한, 임의 읽기에서는 저장장치의 임의 읽기 성능에 비해 약 100배 낮은 성능을 보이는 것을 확인하였다. 저장장치와의 성능 차이가 순차 읽기의 성능에 비해 임의 읽기에서 현저히 낮은 이유는 범용 하드웨어의 사용을 가정하여 설계된 HDFS가 순차 접근을 지원하고, 큰 블록 크기를 가지기 때문이다. NFS 게이트웨이의 위와 같은 특징을 고려하여, 분산 파일 시스템의 선택 시 NFS 게이트웨이에 알맞은 워크로드의 이용이 필요하다.

사 사

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 SW컴퓨팅산업원천기술개발사업(SW스타랩)의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2015-0-00314)

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단·차세대정보·컴퓨팅기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2015M3C4A7065696).

참 고 문 헌

- [1] Cisco, "Data Virtualization Redefines the Stock Exchange ", Cisco, 2013
- [2] Apache Hadoop. [Online]. Available: <http://hadoop.apache.org/>, 2009
- [3] HDFS Architecture Guide. [Online]. Available: https://hadoop.apache.org/docs/r1.2.1/hdfs_design.html
- [4] HDFS NFS Gateway. [Online]. Available: <https://hadoop.apache.org/docs/r2.4.1/hadoop-project-dist/hadoop-hdfs/HdfsNfsGateway.html>
- [5] fio Linux man page. [Online]. Available: <https://linux.die.net/man/1/fio>