

다차원 데이터 처리를 위한 맵리듀스 기반의 그리드 파일 생성기법에 관한 연구

정주혁*, 이상호
한국산업기술대학교 대학원 컴퓨터공학과
isle86@kpu.ac.kr, sangho@kpu.ac.kr

A Study on The Grid File Construction Method based on MapReduce for Multidimensional Data Processing

Joo-Hyuk Jung*, Sang-Ho Lee
Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University

요 약

최근 컴퓨터와 인터넷 이용의 확산, 스마트폰을 포함한 스마트 기기의 보급과 소셜 네트워크 이용의 확대, 위치 기반의 다양한 서비스 확대 등으로 처리해야 할 데이터 크기가 증가하는 추세이다. 이에 따라 대용량 데이터에 대한 처리가 큰 이슈로 떠오르고 있다. 그로 인해 대용량 데이터 처리를 위한 큰 규모의 분산 컴퓨팅 환경을 지원하는 프레임워크인 하둡이 개발되었으며 많은 기업에서 이를 활용하고 있는 추세이다. 하지만 대용량 데이터 중 영상, 의료, 센서 데이터 등 다차원 데이터 처리에 관한 연구는 미비한 상태이다. 기존의 다차원 데이터 처리를 위해 다양한 다차원 인덱스가 제안되었지만, 대용량 다차원 데이터 처리는 단일머신에서는 비효율적인 단점이 있다. 본 논문에서는 다차원 인덱스 기법인 그리드 파일을 하둡의 분산 병렬 처리 모델인 맵리듀스를 기반으로 생성하는 기법을 제안한다. 또한 앞서 생성된 그리드 파일을 가지고 맵리듀스를 이용한 질의처리 방법을 제안 한다. 이로 인해 단일머신에서의 그리드 파일 생성을 병렬처리 함으로써 생성 시간을 단축시키고 질의 처리 또한 맵리듀스를 이용하여 병렬 처리 함으로써 질의 시간 단축을 예상한다.

1. 서 론

최근 SNS의 등장, 센서 기술의 발달, 스마트폰의 확산 등으로 인해 많은 위치 기반의 다양한 서비스가 증가하였다. 그로인해 대용량의 다차원 데이터에 대한 처리 요구가 증가 하였다. 대용량 데이터 처리를 위해 분산 컴퓨팅 환경을 지원하는 하둡(Hadoop)이 아파치(Apache)에서 개발되었지만 다차원 데이터에 대한 효율적인 처리방법은 미비한 실정이다. 다차원 처리를 위해 기존의 다양한 다차원 색인 기법이 연구되었지만 병렬처리의 어려움과 단일머신에서 대용량 다차원 데이터 처리는 비효율적이다. 이런 문제점을 해결하기 위해 많은 양의 다차원 데이터를 효율적으로 처리하기 위한 많은 알고리즘이 연구되고 있다. 본 논문에서는 다차원 인덱스 기법인 그리드 파일을 분산 병렬 처리 모델인 맵리듀스(MapReduce) 기반의 구축 방법을 제안하여 해결하였다. 또한 데이터의 분포를 미리 파악할 수 있는 샘플링 기법을 사용하여 보다 효율적인 그리드 파일 구축 방법을 제안하였다. 그리고 생성된 그리드 파일을 가지고 맵리듀스를 이용하여 분산 병렬 처리가 가능한 질의 처리 방법을 제안하였다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장 배경지식에서는 맵리듀스와 다차원 인덱스 기법인 그리드 파일에 대해 설명하고 3장에서는 샘플링 기법을 활용하여 데이터 분포가

비균등 분포일 때, 데이터를 균등하게 분할하는 방법을 제안하였으며 이를 활용한 맵리듀스 기반의 그리드 파일 구축 방법을 자세하게 설명한다. 4장에서는 앞장에서 구축한 그리드 파일을 가지고 맵리듀스를 활용한 질의 처리에 대해 제안하였다. 마지막으로 5장에서는 결론을 기술한다.

2. 배경지식

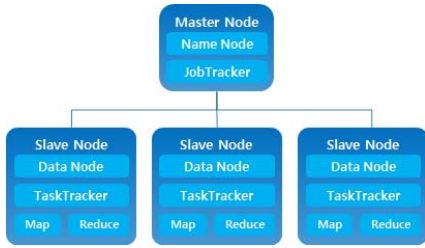
본 장에서는 하둡에 대해 간략히 설명하고 하둡의 서브 프로젝트인 하둡 분산 파일 시스템(HDFS)과 맵리듀스의 구조와 특징을 설명한다. 또한 다차원 인덱스 기법인 그리드 파일에 대해 기술한다.

2.1 Hadoop의 MapReduce

하둡은 아파치에서 개발한 대용량 데이터 처리를 위해 큰 규모의 분산 컴퓨팅 환경을 지원하는 프레임워크이다. 하둡은 대표적으로 분산 파일 시스템(HDFS)과 분산 처리 시스템(MapReduce)으로 구성되며 Hive, Pig, NoSQL 등 서비스 목적에 맞는 여러 서브 프로젝트들을 포함한다.

HDFS의 구조는 (그림 1)과 같이 Master/Slave 구조이며 대용량 데이터의 높은 처리성능의 보장과 데이터 유실 방지를 위해 네트워크에 연결된 노드에 데이터를 블록 형태로 분산, 복제하여 저장한다. 또한 하나의 네임노드(Name Node)와 다수의 데이터노드(Data Node)들로 구성

되는데 여기서 네임노드는 클라이언트가 저장한 파일의 정보를 관리하고, 데이터노드는 입/출력을 관리하며, 실제 데이터가 블록 형태로 분산, 복제되어 저장되어 있다.



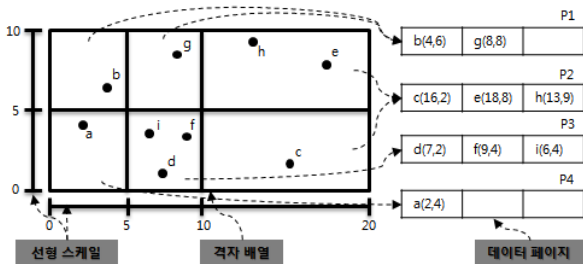
(그림 1) Hadoop의 구조

맵리듀스는 하둡의 분산 처리 시스템이며, 대용량 데이터를 독립된 작업으로 나누어 병렬 처리를 할 수 있도록 설계된 프로그래밍 모델이다. HDFS와 마찬가지로 Master/Slave 구조로 되었으며 하나의 잡 트래커(JobTracker)와 다수의 태스크 트래커(TaskTracker)로 구성된다. 잡 트래커는 HDFS의 네임노드에서 실행되며 전체적인 맵리듀스 작업 상태를 관리하고, 데이터노드에서 실행되는 태스크 트래커는 함수형 프로그래밍에서 일반적으로 사용되는 맵(Map)과 리듀스(Reduce)로 처리과정을 나누어 작업을 처리한다.

맵은 데이터 집합에서 연관성 있는 데이터를 (k1, v1) 형태로 분류하며 리듀스는 맵 함수의 중간 결과물을 리스트 형태((k1, (v1, v2, v3))로 만들어 최종 결과물을 HDFS에 분산 저장한다.

2.2 그리드 파일(Grid File)

다차원 색인 기법중 하나인 그리드 파일은 다차원 데이터들에 대하여 데이터의 입/출력에 따라 격자 형태로 분할하고 합병하는 동적인 구조를 말한다. 그리드 파일은 (그림 2)와 같이 그리드 디렉토리(Grid Directory)와 데이터 페이지(Data Page)로 구성되며 그리드 디렉토리는 각 차원별 분할경계값이 저장된 선형 스케일(Liner scale)과 데이터 페이지의 주소값을 저장한 그리드 배열(Grid Array)로 구성된다. 데이터 페이지는 실제 데이터가 저장되는 장소이며 디스크에 저장된다. 데이터의 입력에 의해 데이터 페이지가 가득 차면 다차원 공간은 격자 형태로 분할되고 분할된 공간은 새로운 데이터 페이지가 생성되며 그리드 배열은 새로운 주소값을 가르킨다.



(그림 2) 그리드 파일의 구조

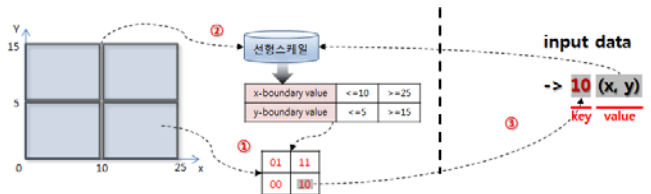
본 논문에서는 다차원 데이터에 대해 한번의 그리드 파일 구축만으로 원하는 데이터를 여러 번 분석하는 것이 목적이기 때문에 기존의 동적관리가 아닌 정적으로 관리된다. 그렇기 때문에 데이터의 삭제와 그로 인한 합병에 대해 본 논문에서는 고려하지 않는다. 또한 데이터 삽입은 일괄처리(Batch Processing)되는 특징이 있다.

3. 맵리듀스 기반의 그리드 파일 생성 기법

본 장에서는 맵리듀스 기반의 단순 그리드 파일 구축 방법을 설명하고 그에 따른 문제점과 샘플링 기법을 사용한 문제점 해결방안을 제안한다. 마지막으로 본 논문에서 최종적으로 제안하는 맵리듀스 기반의 그리드 파일 구축 방법을 기술한다.

3.1 단순 그리드 파일 구축 방법

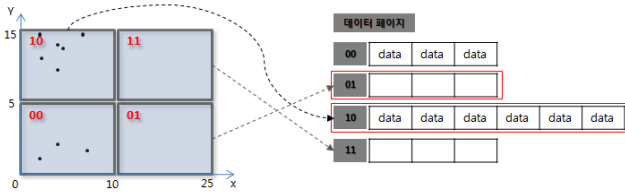
다차원 인덱스 기법의 하나인 그리드 파일을 맵리듀스 기반에서 생성하는 방법은 간단하다. 먼저 다차원 공간을 임의의 균등한 값으로 분할한 후 매칭되는 격자 배열 인덱스를 생성한다. 그리고 다차원 데이터에 대해 앞서 분할한 경계값과 격자 배열 인덱스를 가지고 그리드 파일을 생성하면 된다. 즉, (그림 3)에서 보는 바와 같이 다차원 공간을 균등하게 분할하여 인덱스를 부여하고 그 값을 선형스케일 저장한다. 그 다음 분석 데이터인 다차원 데이터가 Input-Data로 입력되면 Map 단계에서 선형스케일을 참조하여 다차원 공간데이터에 인덱스를 생성하고 모든 데이터에 대해 생성이 완료되면 리듀스 단계에서 인덱스별로 그룹화 및 합병이 이뤄진다. 마지막으로 최종 그리드 파일은 HDFS에 분산 저장된다.



(그림 3) 단순 그리드 파일의 구축

3.2 단순 그리드 파일 구축의 문제점

다차원 데이터가 균등 분포 일 때 앞서 말한 단순 그리드 파일 구축 방법을 적용하면 간단하게 그리드 파일을 생성할 수 있다. 하지만 (그림 4)와 같이 다차원 데이터가 비균등 분포일때는 예외일 수 있다. 데이터의 분포를 모르는 상태에서 다차원 공간을 임의로 분할할 시, 데이터의 분포가 균등하지 않다면 분할된 하나의 공간에 많은 데이터가 밀집할 수 있다. 즉, 이는 하나의 데이터 페이지에 많은 데이터가 생겨 용량이 커지며, 반대로 데이터가 없는 쓸모없는 데이터 페이지도 생긴다. 이는 데이터 페이지의 낭비를 초래한다.



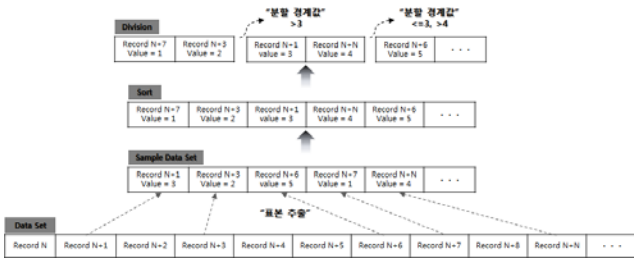
(그림 4) 데이터 페이지 불균형

또한 데이터가 많은 특정 노드는 데이터 처리량이 많아 전체 그리드 파일 생성 시간이 지연되고 질의 처리 측면에서도 데이터 양이 많은 노드의 질의 처리 시, 다른 노드에 비해 많은 처리 비용이 든다.

3.3 샘플링을 이용한 그리드 파일 구축

앞 절에서 언급한 문제점의 해결방안으로 본 논문에서는 데이터의 분포를 모르는 상태에서 미리 분할 하는 방법은 적절치 않다는 것을 알았다. 이를 위해 샘플링 기법을 사용하여 사전에 데이터의 분포를 파악할 필요가 있다.

샘플링 기법이란 전체 데이터셋에서 일정한 표본을 추출하여 분포를 파악하는 기법을 말한다.



(그림 5) 샘플링 기법

샘플링 기법중 랜덤샘플링 기법을 사용하였으며 일정 확률로 표본을 추출하여 분포를 조사하였다. (그림 5)와 같이 전체 데이터에서 랜덤한 확률로 표본을 추출한다. 추출된 샘플데이터는 값(Value)으로 정렬되어지고, 임의의 개수만큼 분할된다. 여기서 분할 경계값을 얻을 수 있으며 차후 인덱스 생성 단계에서 참조할 선형눈금자에 저장된다.

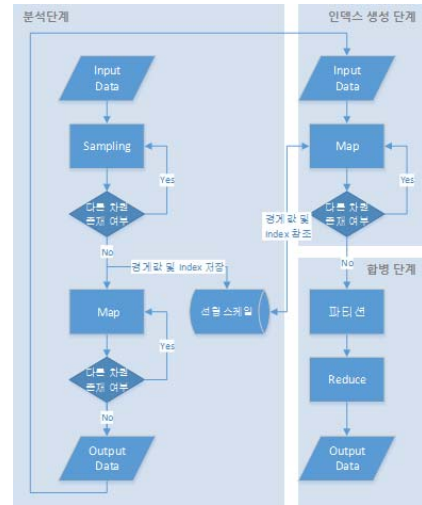
3.4 맵리듀스 기반의 그리드 파일 생성 알고리즘

본 절에서는 앞서 제안하는 샘플링 작업을 통해 데이터를 균등 분할하여 맵리듀스 기반의 그리드 파일을 구축한다. 맵리듀스 기반의 그리드 파일 구축 방법은 (그림 6)과 같이 분석 단계, 인덱스 생성 단계, 합병 단계로 이뤄진다.

먼저 분석 단계는 입력데이터인 다차원 데이터를 샘플링 작업을 통해 데이터 분포에 맞게 분할하는 단계이다. 분석 단계는 데이터 분석과 차원 분석 절차로 나뉜다.

데이터 분석 절차는 앞서 말한 샘플링을 사용하여 표본을 추출하는 단계이며 추출된 표본은 각 차원별로 분할된다. 여기서, n차원의 데이터는 n개의 샘플링 작업을 가

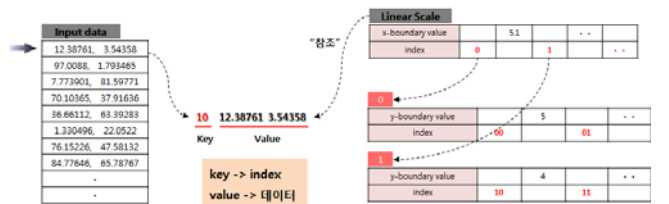
지며 차원 분석 절차에서 샘플로 추출된 각각의 차원을 분석하여 분할 경계값과 격자 배열 인덱스를 생성한다.



(그림 6) 맵리듀스 기반의 그리드 파일 생성 순서도

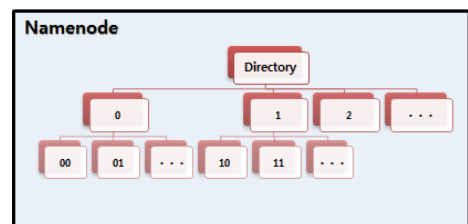
최종 분할된 공간의 크기는 맵리듀스 처리 작업의 최소 단위를 넘지 않으며 질의 처리시 한 노드가 하나의 인덱스를 처리 할 수 있도록 한다. 분석 단계가 끝나면 선형 눈금자에는 각 차원별 분할 경계값이 저장되며 분할 상태와 매칭되는 격자 배열 인덱스가 생성된다. 또한 각각의 분할된 공간의 크기는 맵리듀스 처리의 최소 용량을 가진다.

인덱스 생성 단계는 맵에서 실행되며, (그림 7)와 같이 분석 단계의 샘플링 작업을 통해 얻어진 분할 경계값과 인덱스가 저장되어있는 선형스케일을 참조하여 다차원 데이터에 대해 인덱스를 생성하는 단계이다.



(그림 7) 인덱스 생성 단계

합병 단계는 파티션과 리듀스에서 이뤄지며, 파티션은 인덱스 생성 단계의 중간 결과물을 인덱스, 즉 Key값으로 각각 그룹화하여 리듀스에게 보내고 리듀스는 Key가 되는 인덱스와 다차원 데이터를 분리해 최종 결과물을 HDFS에 분산 저장한다.



(그림 8) 디렉토리 구조

결과물은 (그림 8)과 같이 디렉토리로 만들어지며 Key 로 구분되어 진다. 디렉토리 정보는 네임노드에 저장된다.

4. 그리드 파일을 이용한 질의 처리

본 장에서는 맵리듀스를 이용한 질의 처리 방법으로 완전 일치 질의와 범위 질의를 제안한다. 완전 일치 질의는 특정 위치에 존재하는 데이터를 검색하며, 범위 질의는 질의 영역에 존재하는 모든 데이터를 검색하는 질의이다.

4.1 완전 일치 질의

완전일치 질의는 질의데이터가 1개이면 노드 1개에서 처리되기 때문에 맵리듀스의 분산 처리 장점을 이용하지 않는다. 따라서 단일 머신에서의 질의 시간과 비슷한 성능을 낼 수 밖에 없다. 하지만 질의 대상이 1개 이상이라면 여러 노드에서 병렬 처리가 가능하기 때문에 맵리듀스의 분산 처리를 이용할 수 있다. 질의의 절차로는 질의 데이터가 들어오면 선형순금자를 참조하여 매칭되는 격자 배열 인덱스를 탐색한 뒤, 탐색이 완료되면 디렉토리에서 해당 인덱스를 찾고 질의 데이터를 순차적으로 검색하여 최종 결과물로 출력한다.

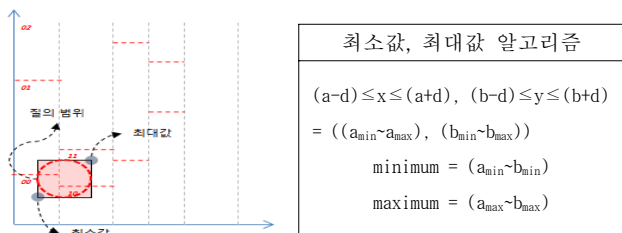
4.2 범위 질의

범위질의는 질의 영역에 존재하는 모든 데이터를 검색하는 질의이다. 그렇기 때문에 질의 대상은 1개 이상이며 맵리듀스의 분산 처리 장점을 이용할 수 있다.

예를 들어 (a, b)을 기준으로 d의 범위에 있는 모든 공간데이터를 찾는 질의가 들어오면 (그림 9)과 같이 최소값과 최대값을 계산해 선형순금자에 저장하고 맵 단계에서 선형순금자를 참조하여 해당 데이터를 탐색한다.

범위 질의는 다음과 같은 절차를 통하여 범위에 해당되는 모든 공간데이터를 검색한다.

- (1) 질의 영역의 최소값과 최대값을 구한다.
- (2) 선형 순금자를 참조하여 질의 영역에 해당되는 모든 격자 배열 인덱스를 탐색한다.
- (3) 디렉토리에서 해당 인덱스 파일을 불러와 맵리듀스의 입력데이터로 처리한다.
- (4) 맵리듀스의 분산처리를 이용하여 각 노드당 하나의 파일을 처리한다.
- (5) 최소값과 최대값에 해당되는 데이터를 순차적으로 탐색 후 결과를 출력한다.



(그림 9) 범위 질의의 최대값과 최소값

5. 결론

최근 영상, 의료, 센서 데이터 등 다양한 다차원 데이터의 증가로 대용량 다차원 데이터의 처리 요구가 증가하였다. 하지만 기존의 다차원 인덱스 기법들로 대용량 데이터를 처리하기엔 단일머신으로 한계가 있다.

본 논문에서는 대용량 다차원데이터를 분산 병렬 처리하기 위해 맵리듀스 기반의 효율적인 그리드 파일 생성 기법을 제안하였다. 또한 샘플링 기법을 사용함으로써 비균등 분포의 데이터에 대한 그리드 파일 생성 문제점도 해결하였다. 이로 인해 단일 머신에서의 그리드 파일 구축보다 분산 병렬 처리의 장점을 이용한 빠른 구축 방법을 제시 하였으며 질의 처리에도 분산 처리를 이용해 기존의 단일 머신에서의 질의 처리보다 처리시간을 단축시켰다. 그러므로 본 논문이 제안한 맵리듀스 기반의 그리드 파일 구축 방법은 빅데이터 시대의 대용량 다차원 데이터 처리에 크게 기여할 것이라고 사료된다.

참고문헌

[1] Nievergelt, J. et al., "The Grid File: An Adaptable, Symmetric Multikey File Structure," ACM Trans. on Database Systems. 9(1), 38-71, 1984.

[2] Hadoop, <http://hadoop.apache.org>.

[3] 김상욱, 황규영, "계층 그리드 화일의 성능 특성," 정보과학회논문지(B) 25(2), 239-252, 1998.

[4] 노현호, 민준기, "빅 데이터를 위한 맵리듀스 프레임워크 기반의 효율적인 쿼리 트리 생성 기법," 정보과학회논문지:데이터베이스 40(3), 179-188, 2013.

[5] 톰 화이트, "Hadoop 완벽 가이드," 한빛미디어, 2013.

[6] 도널드 마이너, 아담 슈크, "MapReduce Design Patterns," 한빛미디어, 2013.

[7] 이경하, 최현식, 정연돈, "클라우드 컴퓨팅에서의 대용량 데이터 처리와 관리 기법에 관한 조사," 정보과학회논문지:데이터베이스 38(2), 104-125, 2011.

[8] J. Dean and S. Ghemawat, "MapReduce: Simplified data processing on large cluster," In OSDI, 137-150. 2004.