

연속적인 데이터 보호를 위한 파일시스템 변경 로그 레코드 색인 방법 Indexing Method for Log Records of File System in Continuous Data Protection

김진수, 송석일
한국교통대학교

Jinsu Kim, Seokil Song
Korea National University of Transportation

요약

이 논문에서는 CDP (Continuous Data Protection)에서 연속적인 데이터 보존 및 복원을 위한 파일시스템 변경 로그 레코드 색인 방법을 제안한다. 제안하는 파일시스템 변경 로그 레코드 색인 방법은 CDP에서 특정 시점의 파일들에 대한 복원 속도를 향상시키는 것이 목적이다. 제안하는 방법은 각 파일들을 논리적인 청크(chunk) 단위로 나누고 각 청크에 대해서 일정 시간대별로 비트를 할당하여 파일의 변경을 추적하는 비트맵(bitmap) 기반의 색인이다. 제안하는 비트맵 기반의 색인 방법은 멀티 레벨로 구성하여 비트맵 연산의 횟수를 줄일 수 있도록 한다. 이 논문에서는 제안하는 비트맵 기반의 색인 방법의 효율성을 입증하기 위해서 시뮬레이션을 수행한다.

I. 서론

CDP (Continuous Data Protection)는 모든 데이터의 변경을 감지하고 이를 별도의 저장 공간에 저장함으로써, 언제든지 사용자가 원하는 시점의 데이터를 복원할 수 있도록 하는 데이터 보호 기법이다. 기존 제안된 대부분의 CDP 기법들은 블록 수준(Block Level)에서 데이터 변경을 추적하는 형태로 구현된다.

블록 수준의 CDP는 완전한 CDP (True CDP)를 구현하기 어렵다. 블록 수준에서는 파일시스템의 페이지 캐시에서 변경이 수행되다가 플러시(flush) 되는 블록들을 캡처하고 이를 CDP를 위해 보존하게 된다. 이때 페이지 캐시에서 수행되는 변경은 추적되지 않기 때문에 완전한 CDP 구현에는 한계가 있다. 반면, 블록 단위로 변경을 추적하고 이를 보존하므로 상대적으로 변경 데이터 관리가 용이하다.

이 논문에서는 파일시스템에서 수행되는 변경 연산을 추적하여 파일시스템 변경 로그 레코드를 추출할 수 있는 환경에서 변경 로그 레코드를 보존하여 CDP를 구현하기 위한 로그 레코드 색인 방법을 제안한다. 모든 변경 로그 레코드를 보존하게 되면 완전한 CDP를 구현할 수 있지만 서로 다른 오프셋과 길이를 갖는 로그 레코드들을 관리하는 것은 매우 어려운 일이다. 이 논문에서는 모든 변경 로그 레코드들을 효과적으로 탐색하여 특정시점의 파일들을 빠르게 복원하기 위한 색인방법을 제안한다.

제안하는 색인 방법은 각 파일들을 논리적인 청크(chunk) 단위로 나누고 각 청크에 대해서 일정 시간대별로 비트를 할당한다. 특정 시점에 어떤 청크의 전부 또

는 일부가 변경되면 대응하는 비트를 1로 하여 해당 영역에 변경이 있음을 표시한다. 그리고 변경 영역에 대한 탐색을 보다 빠르게 처리하기 위해서 멀티 레벨의 비트맵 색인 기법을 이용한다. 이를 통해서 비트맵 연산의 횟수를 줄일 수 있도록 한다.

II. 제안하는 로그 레코드 색인 방법

제안하는 방법에서는 파일을 청크 단위로 관리하며, 비트맵은 파일의 특정 청크의 변경여부를 표시하기 위해서 사용되며, 청크의 크기는 사용자에게 의해 임의로 지정될 수 있다. 예를 들어, 파일의 크기가 16byte이고, 청크의 크기가 4byte이면 비트맵은 4개의 비트로 구성이 되며, 이때, 파일의 3부터 6까지의 데이터가 변경이 되면, 비트맵은 이진수로 1100과 같이 표현이 된다. 로그 레코드 색인 방법은 데이터 변경을 처리하는 방법과 데이터를 특정 시점으로 복원하는 방법으로 구성되어 있다.

데이터 변경을 처리하는 방법은 파일마다 비트맵을 만들어 청크 단위로 데이터가 변경 여부를 표시하고, 시간 간격을 두어 이 시간이 지나면 새로운 비트맵을 만들어서 파일의 변경 여부를 표시한다. 즉, 비트맵에서 하나의 비트는 하나의 파일에 대해 특정 시간대의 특정 청크가 변경되었는지를 표시한다. 또한, 변경이 일어난 청크는 그 이전에 변경이 일어난 청크의 시간에 대한 정보도 기록하여, 데이터 복원 속도를 향상시킨다.

표 1. 데이터 변경 처리 방법 예시

(체크 크기:4byte, 시간 간격:1분)

시간	비트맵	데이터 변경 부분	이전 변경 시간
1	0	0000	-
2	1	0101	0
3	1	0100	2
4	0	0000	-
5	1	1000	3

표 1은 데이터 변경 처리 방법에 대한 예시이다. 표와 같이 파일은 체크 단위로 변경 여부를 표시하기 때문에, 실제로 체크 전체가 변경되지 않고 일부만 변경되어도 비트맵에서는 체크가 변경이 일어났다고만 표시하기 때문에, 이전의 변경된 체크를 찾고, 읽어야하는 경우가 생긴다. 그렇기 때문에, 변경이 일어난 체크는 이전에 변경된 체크의 시간을 가져서 쉽게 접근할 수 있도록 한다. 예를 들어 사용자가 이 파일의 4분 데이터를 접근하고 싶으면, 비트맵 테이블에서 4분 데이터에 접근하고, 변경이 일어나지 않았으므로 3분 데이터에 접근해 데이터 변경 부분을 읽고, 이전 변경 시간을 참고해 2분 데이터에서 변경 부분을 읽은 후, 원본 데이터를 읽어서 4분대의 데이터를 복원한다.

Ⅲ. 성능평가

이 논문에서는 제안하는 로그 레코드 색인 방법의 효율성을 입증하기 위해서 시뮬레이션을 통해 복원 속도를 측정하였다.

이 실험에서는 시간 간격을 1분, 체크의 크기를 4KiB로 고정하고, 1~32MiB의 크기의 데이터를 무작위로 1분에 한 번씩 하루 동안 썼다고 가정했을 때, 실제 데이터를 읽는 속도를 제외한 데이터를 복원하기 위해 필요한 데이터의 위치를 찾는 데 걸리는 시간을 측정하였다. 실험 결과, 파일의 크기가 500GB 이상인 경우에도 복원을 필요해 읽어야하는 로그 레코드의 위치를 찾는 데 걸리는 시간이 약 400ms 정도임을 확인했다.

표 2. 복원 경과 시간

파일 크기	소요시간 (초)
1 GiB	0.0144
64 GiB	0.0779
512 GiB	0.4061

Ⅳ. 결론

이 논문에서는 CDP에서 변경이 감지된 데이터를 처리하는 방법을 제안하였다. 제안하는 CDP 로그 레코드 색인 방법은 변경이 감지된 데이터를 효율적으로 관리하고

복원 속도를 향상시키기 위해서 체크 단위의 비트맵을 사용하였고, 시뮬레이션 결과 512GiB 데이터를 복원하기 위해서 약 400ms 정도가 걸리는 것을 확인하였다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] Yibing, Deng, et al. "A novel block-level continuous data protection system." New Trends in Information Science and Service Science (NISS), 2010 4th International Conference on. IEEE, 2010.
- [2] Sheng, Yonghong, et al. "TH-CDP: An efficient block level continuous data protection system." Networking, Architecture, and Storage, 2009. NAS 2009. IEEE International Conference on. IEEE, 2009.