

인-메모리 DBMS 기술 동향

Trends of In-Memory Database Management System Technology

이훈순 (H.S. Lee) 실시간분석인프라연구팀 선임연구원
이미영 (M.Y. Lee) 실시간분석인프라연구팀 책임연구원
김창수 (C.S. Kim) 실시간분석인프라연구팀 책임연구원
허성진 (S.J. Heo) 실시간분석인프라연구팀 팀장

* 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 SW컴퓨팅산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음(10041709, 차세대 메모리 기반의 빅데이터 분석·관리 소프트웨어 원천기술 개발).

64bit 범용 서버의 활용 확산, 메모리 가격의 하락 등 하드웨어의 발전과 실시간성을 요구하는 응용 분야의 확대에 의해 인-메모리 컴퓨팅 기술에 대한 관심이 높아지고 있다. 인-메모리 컴퓨팅 기술은 응용 서비스의 클라우드화, 모바일화, 글로벌화로 인해 발생하는 익스트림 트랜잭션의 고성능 처리를 지원하기 위한 기반 기술로 활용이 확대되고 있다. 또한 빅데이터를 효과적으로 활용하기 위해서 빅데이터라는 원석을 보석으로 가공하는 데 있어서 실시간성을 제공하기 위한 기반 플랫폼으로서 활용이 시도되고 있다. 본고에서는 고성능 트랜잭션 처리를 필요로 하는 통신, 금융 등 특정 분야에서 주로 활용되던 인-메모리 DBMS (Database Management System) 기술이 익스트림 트랜잭션 서비스 환경, 빅데이터 실시간 분석 환경 등 새로운 서비스 환경을 지원하기 위한 기술 발전 동향에 대해 조사한다.

빅데이터 처리 및
분석 기술 특집

- I. 서론
- II. 인-메모리 컴퓨팅
- III. 인-메모리 DBMS 기술
- IV. 결론

I. 서론

텔레콤, 전자 상거래, 금융, 온라인 게임, SaaS 등의 응용 서비스들이 클라우드 컴퓨팅 기술을 활용한 형태로 제공되고 있고, 서비스 제공을 전 세계 사람들을 대상으로 하는 서비스의 글로벌화로 인해 동시 서비스 사용자가 10만 명 이상인(초당 5,000 트랜잭션 처리 요구) 경우가 빈번히 발생하고 있다. 온라인 게임 중 ‘메이플 스토리’의 경우에 평균 동시 접속자 수가 2천만 명(2011년 11월 기준) 수준이라고 한다[1]. 온라인 게임에서는 게임 시작 및 재시작, 게임 중간 저장, 게임 아이템 관리 등을 위해 트랜잭션이 발생할 수 있는데, 메이플 스토리를 통해 발생하는 트랜잭션 처리 요청은 그 양이 어마어마할 것이다.

서비스의 클라우드화, 모바일화, 글로벌화로 야기된 익스트림 트랜잭션 처리(extreme transaction processing)는 예외적으로 많은 트랜잭션을 처리하는 것을 의미한다[2]. 따라서, 익스트림 트랜잭션 처리 응용들은 선형적으로 확장 가능하고 고가용성을 지닌 시스템에서 일관성 있게 고성능을 제공해야 한다.

익스트림 트랜잭션 처리 환경에서 서비스 제공을 위해 활용되는 데이터 또는 서비스 중에 생성되는 데이터들은 그 양이 많고, 생성 속도가 매우 빠르다. 따라서, 대규모 데이터에 대해 익스트림 트랜잭션 처리를 지원하기 위해서는 고성능 컴퓨팅 기술뿐만 아니라 인-메모리 컴퓨팅 기술과의 연계가 필요하다.

데이터의 홍수라 불릴 정도로 다양하고 거대하며 정리되지 않은 수많은 데이터 속에서 일부 데이터만을 활용하는 빅데이터 환경에서도 인-메모리 컴퓨팅에 대한 요구가 나타나고 있다.

모든 일에는 때가 있다는 말이 있다. 어떤 일을 하는데 있어서 최고의 성과를 얻기 위해서는 적절한 시점이 매우 중요하다는 이야기이다. 빅데이터를 활용하는 데 있어서도 적시성(즉, 실시간성) 확보가 매우 중요하다.

빅데이터에 숨겨진 의미를 찾아 활용하는 데 실시간성을 확보할 목적으로 고속 데이터 처리를 가능하게 하는 인-메모리 컴퓨팅 기술에 대한 필요성이 대두되고 있다.

인-메모리 컴퓨팅이란 애플리케이션이 운영을 위한 데이터를 하드 디스크가 아닌 메인 메모리에 모두 올려서 서비스를 수행하는 것이다. 즉, 연산을 위한 영역으로만 여겨졌던 메모리 영역을 연산뿐 아니라 저장을 위한 공간으로 사용하는 것이다.

본고에서는 대규모 데이터에 대한 대한 고성능 처리를 위한 인-메모리 컴퓨팅 기술 중 인-메모리 DBMS(Database Management System) 기술에 대해 조사한다. II 장에서는 인-메모리 컴퓨팅에 대해 간략히 기술하고, III 장에서는 인-메모리 컴퓨팅의 핵심 기술인 인-메모리 DBMS 기술 동향에 대해 기술하고, 마지막으로 결론을 맺는다.

II. 인-메모리 컴퓨팅

트랜잭션 처리 분야의 거장인 짐 그레이는 2006년 워싱턴의 레드먼드에서 열린 한 학술행사에서 하드 디스크가 데이터 백업을 위한 역할을 하게 되고, RAM이 운영 데이터 저장 관리에 사용되는 인-메모리 컴퓨팅이 보편화될 것을 예견했다[3]. 하드 디스크, DRAM, 서버 등 하드웨어의 발전 속도 및 응용 환경을 고려한 예견일 것으로 생각된다.

인-메모리 컴퓨팅 기술은 64bit 범용 서버의 확산, DRAM 가격 하락 및 실시간 서비스 요구 확산에 의해 활용이 확대되고 있다. 64bit 범용 서버는 16엑사바이트의 데이터까지 접근 가능한 2^{64} 의 주소 공간을 제공하고 있으며, DRAM 가격은 매 18개월마다 약 30% 정도씩 하락하고 있다[4]. 가트너 조사에 의하면 2011년 GB당 DRAM은 약 10달러, NAND Flash는 1달러가 소요되지만 2015년에는 DRAM 2달러, NAND Flash는 0.25달러

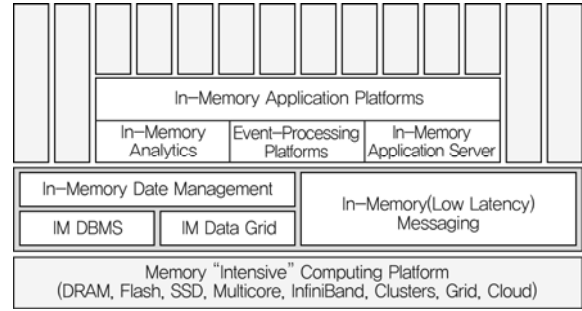
〈표 1〉 10대 전략적 기술 트렌드(가트너)

	2012	2013
1	Media tablets and beyond	Mobile Devices Battle
2	Mobile-centric applications and interfaces	Mobile Applications & HTML5
3	Contextual and social user experience	Personal Cloud
4	Internet of Things	Internet of Things
5	App stores and marketplaces	Hybrid IT & Cloud Computing
6	Next-generation analytics	Strategic Big Data
7	Big data	Actionable Analytics
8	In-Memory Computing	Mainstream In-Memory Computing
9	Extreme low-energy servers	Integrated Ecosystems
10	Cloud Computing	Enterprise App Store

가 될 것으로 예측하고 있다[5].

디스크에 데이터를 저장하는 것보다 빠른 성능을 얻기 위한 목적으로 메인 메모리를 사용한 사례는 우리 주변에 많이 있다. 대표적인 서비스의 예가 휴대전화 연결 서비스이다. 몇 년 전에 인-메모리 DBMS를 주력 상품으로 하고 있는 회사 관계자로부터 서울에서 대전까지 KTX를 타고 오면서 휴대전화를 사용하기 위해서는 최소한 5~6차례 자사에서 개발한 메인 메모리 DBMS에 접근한다는 이야기를 들은 적이 있다. 휴대전화 연결 설정을 위한 정보 관리에 인-메모리 DBMS를 활용하고 있는 것이다.

인-메모리 컴퓨팅이 최근에 크게 부각된 이유는 빅데이터와 무관하지 않다. 데이터 용량이 빠르게 증가하고 있고, 데이터의 생성 속도가 빨라지고 빠른 처리를 요구하는 서비스가 확대됨에 따라 인-메모리 컴퓨팅에 대한 관심이 확산되고 있다. 가트너에서는 2012년에 이어 2013년 기업들이 전략적으로 대응해야 하는 10대 기술 트렌드의 8번째로 인-메모리 컴퓨팅을 선정했다(〈표 1〉 참조)[6],[7]. 또한, 가트너 보고서에 따르면 2021



〈자료〉: Gartner, Feb. 2012.

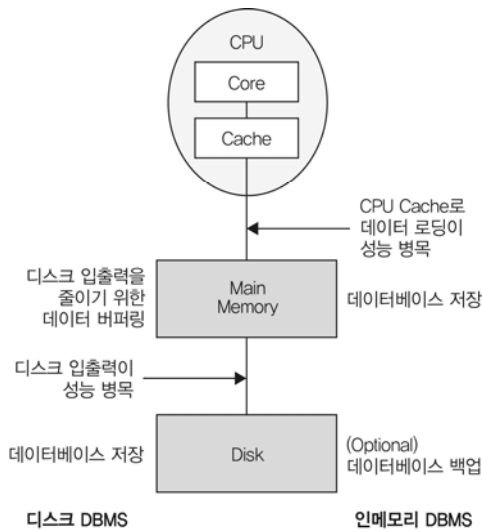
〈그림 1〉 인-메모리 컴퓨팅 기술 분류[4]

년에는 빅데이터 시장에서 인-메모리 컴퓨팅 기술을 약 65% 정도가 채택할 것으로 예상하고 있다[4].

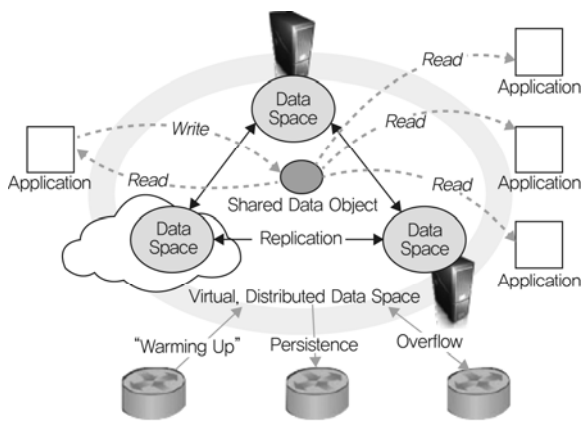
인-메모리 컴퓨팅 기술은 〈그림 1〉처럼 인-메모리 응용 플랫폼(In-Memory Application Platform), 인-메모리 데이터 관리(In-Memory Data Management), 인-메모리 메시징(In-Memory Messaging)의 3가지로 분류할 수 있다[4]. 현재 인-메모리 컴퓨팅 기술을 활발하게 활용하려는 곳은 데이터 관리 분야로 데이터베이스 관리 서비스를 제공하는 인-메모리 데이터베이스 관리 시스템(In-Memory DBMS, 이하 IMDBMS)과 분산 환경에서 응용의 성능을 높일 수 있는 분산 캐시층을 제공하는 인-메모리 데이터 그리드(In-Memory Data Grid, 이하 IMDG)가 있다.

IMDBMS는 디스크 DBMS가 제공하는 데이터 관리 관련 모든 기능을 메인 메모리를 이용하여 제공하는 시스템이다. 〈그림 2〉처럼 디스크 DBMS에서는 디스크에 저장된 블록의 내용을 메인 메모리상으로 버퍼링하여 디스크 입출력(횟수)을 줄임으로써 빠른 데이터 관리 기능 제공을 위해 메인 메모리를 이용하지만, IMDBMS에서는 원본 데이터가 저장되는 곳이 메인 메모리이다.

IMDG는 메모리를 제공하는 서버들이 네트워크로 연결된 형태의 인-메모리 분산 저장소(또는 캐시, 공간)를 제공하는데, 이를 통해 다수의 분산 응용들이 위치하여 대용량의 데이터 객체를 교환할 수 있다(〈그림 3〉 참조).



(그림 2) 디스크 DBMS와 인-메모리 DBMS의 개념적 비교



(그림 3) 인-메모리 데이터 그리드 개념[8]

III. 인-메모리 DBMS 기술

인-메모리 DBMS는 데이터를 저장하는 주된 공간이 디스크가 아니라 메인 메모리인 DBMS를 일컫는다. 인-메모리 DBMS는 데이터를 저장하는 매체의 접근 속도의 우수성뿐만 아니라 내부 알고리즘들이 단순하여 적은 CPU 인스트럭션으로 수행되기 때문에 디스크 DBMS보다 빠르다. 또한, 메인 메모리에 저장된 데이터를 접근하는 것은 성능 예측이 가능하다. 이로 인해 통신, 금융, 국방, 공공, 제조, 유통 등 산업 전 분야에 걸

〈표 2〉 인-메모리 DBMS 분류

구분	인-메모리 DBMS
OLTP 중심	Altibase, Kairos, IBM solidDB, Oracle TimesTen, Aerospike, Couchbase, VoltDB
OLAP 중심	Exasol, Kognitio
OLTP/OLAP 겸용	SAP HANA

쳐 즉각적인 응답시간과 높은 처리량을 요구하는 실시간 환경 응용에 인-메모리 DBMS가 많이 사용된다.

고성능 트랜잭션 처리에 주로 이용되던 인-메모리 DB 기술은 사용자 수의 폭발적인 증가 및 데이터 양의 증가로 인해 분산 인-메모리 DB 기술로 발전하고 있다. 또한 점차 빠른 분석을 위해 온라인 분석 처리를 요하는 응용 분야에서도 관심을 갖기 시작함에 따라 이를 위한 OLAP(Online Analytical Processing)용의 인-메모리 DB 기술이 나오기 시작했다. 이외에도 PRAM (Phase Change RAM), MRAM 등 비휘발성 메모리 (Non-Volatile Random Access Memory, NVRAM)를 활용한 DB 기술에 대한 연구가 진행되고 있다. 대표적인 인-메모리 DBMS로는 〈표 2〉와 같은 시스템들이 있다.

1. 인-메모리 분산 DB 기술

단일 노드 규모의 고성능 트랜잭션 처리를 위한 인-메모리 DBMS(예, Altibase[9], Kairos[10], IBM solidDB [11], Oracle TimesTen[12] 등)에서 제한된 저장 공간과 처리 유닛을 활용하여 제공하는 데이터 관리 능력으로는, 익스트림 트랜잭션 처리를 필요로 하는 서비스들에서 발생하는 대규모의 데이터 관리 요구를 수용할 수 없게 되었다. 따라서, 인-메모리 DBMS가 데이터와 사용자 수의 증가에 효과적으로 대처할 수 있도록 하기 위해 노드를 추가함으로써 데이터와 성능에 대한 선형적 확장성을 지원할 수 있는 인-메모리 분산 DB 기술이 필요하게 되었다. 인-메모리 DBMS가 선형적 확장성을

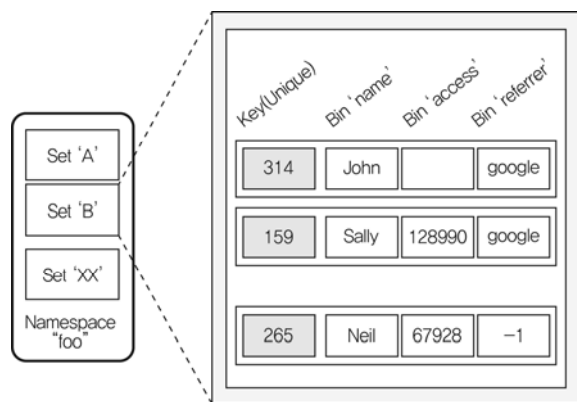
지원할 수 있도록 확장하기 위해서는 응용의 특성을 반영한 데이터 모델, 대규모 데이터 분할, 분산 질의 처리, 장애 대처 등에 대한 고려가 필요하다.

관계형 모델에서 기인하는 복잡하고 풍부한 기능을 모두 필요로 하는 응용뿐만 아니라 아주 단순한 기능에 빠른 응답시간, 높은 확장성, 높은 처리량만을 필요로 하는 웹이나 모바일 응용도 존재한다. 이런 응용을 타깃으로 하는 NoSQL을 지향하는 인-메모리 DBMS들인 Aerospike[13],[14], Couchbase[15] 등이 개발되었다.

(그림 4)는 Aerospike의 키-값 기반 데이터 모델이다. Aerospike에서는 집합(set, 관계형 모델의 테이블과 유사)과 빈(bin, 관계형 모델의 열과 유사)이 미리 정의될 필요 없이 런타임에 추가될 수 있기 때문에 응용에 유연성(flexibility)을 제공한다.

인-메모리 DBMS에서는 대용량 데이터에 대한 관리를 위해 비공유 구조(shared nothing)를 통한 데이터 용량에 대한 확장성을 제공한다. 즉, 대용량의 데이터를 하나의 노드에서 모두 관리할 수 없기에 (그림 5)와 같이 테이블을 여러 파티션으로 겹치지 않게 분할 후 다수의 노드에 할당하여 관리를 한다.

데이터를 분할하는 방법으로 데이터의 키-값에 기반하여 해싱, 범위, 라운드-로빈 등의 방법으로 데이터 자체를 분할하는 방법과 분산 해시 알고리즘을 통해 인덱스 공간을 분할하는 방법이 이용되고 있다. SAP

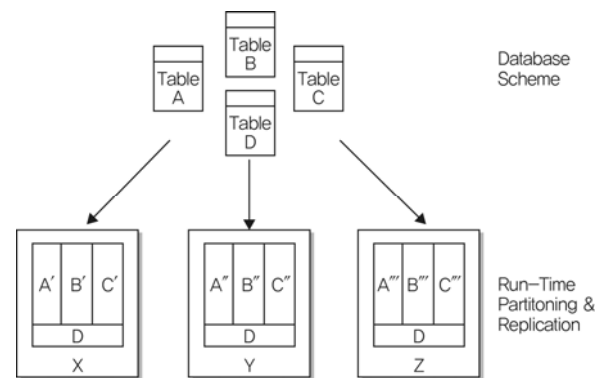


(그림 4) Aerospike 데이터 모델[14]

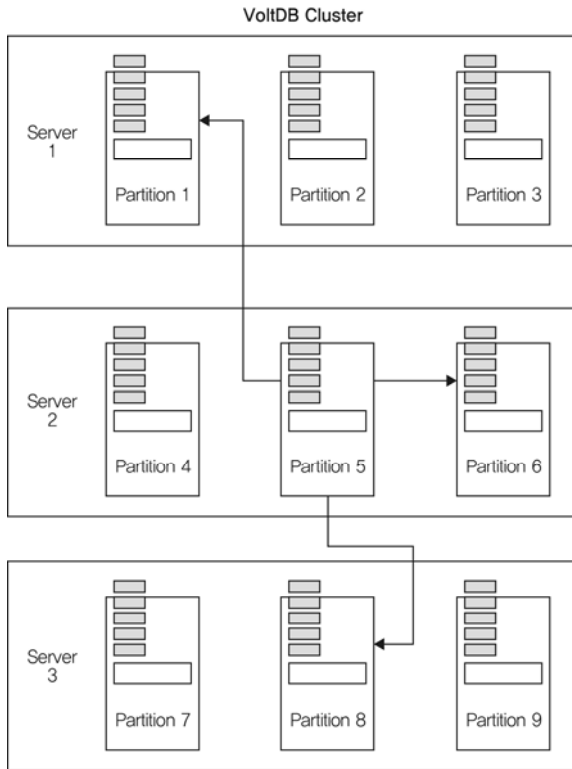
HANA[17]와 Aerospike에서는 데이터를 분할하여 할당하는 것뿐 아니라 각 분할된 데이터를 담당할 정(master)과 부(replica)를 정한 후 동기화된 복제를 하기도 한다. 하지만, 비공유 구조의 경우에는 조인시 데이터가 네트워크를 타고 이동해야 하는 문제가 있다. VoltDB[16],[18]에서는 이를 줄이기 위해 일부 크기가 작으며 읽기 연산이 많이 발생하는 테이블에 대해서는 여러 노드에 복제본을 유지하기도 한다.

데이터를 분할하여 클러스터 내의 다수의 노드를 통해 관리하기 때문에 데이터에 대한 여러 요청을 클러스터 내의 다수의 노드를 활용하여 동시에 처리함으로써 처리량을 증가시킬 수 있다. 하지만, 여러 파티션 데이터를 필요로 하는 일부 질의의 경우에는 하나의 노드에서 처리할 수 없다. SAP HANA에서는 질의 처리를 요청한 클라이언트 라이브러리가 중재자(coordinator) 역할을 하고, VoltDB, Kognitio[19], Aerospike 등에서는 질의 처리 서버 중 하나의 노드가 중재자 역할을 하여 다른 노드들에 필요한 일을 배포하여 처리 후 결과를 취합한다(그림 6) 참조.

장애로부터 데이터의 지속성을 보장하기 위해 스냅샷과 트랜잭션 로그를 디스크에 기록하고 있으며, 메모리에 동기/비동기 형태로 데이터에 대한 복제본을 유지한다. 특히, VoltDB의 경우에는 K-safety, 네트워크 오류 탐지, 라이브 노드 재참여를 통해 탠덤-스타일의 내



(그림 5) 데이터 분할과 복제[16]

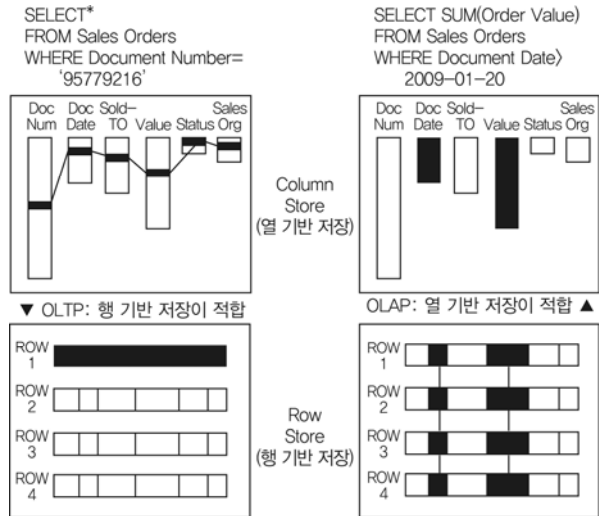


(그림 6) 다수의 파티션을 활용한 질의 처리 예[16]

고장성(fault tolerance)을 지원한다.

2. OLAP을 지원하는 인-메모리 DB 기술

일반적으로 분석을 위한 데이터베이스가 트랜잭션 처리를 위한 데이터베이스보다 규모가 더 크다. 따라서, 분석을 위한 데이터베이스를 메인 메모리에 저장하기 위해서는 트랜잭션 처리를 위한 경우보다 더 많은 메인 메모리가 필요하다. 즉, 더 많은 메인 메모리 구입 비용이 필요하다. 또한 과거에는 분석이 이전 데이터에 대한 데이터 웨어하우스에 기반하여 단지 과거 상황 파악을 위한 분석이었다. 따라서, 높은 메인 메모리 가격을 부담하면서 인-메모리상에서 OLAP를 지원할 필요가 없었다. 하지만, DRAM 가격이 지속적으로 하락함으로 인해 메인 메모리 가격에 대한 부담이 사라졌을 뿐만 아니라, 축적된 데이터베이스 분석을 통해 현재 일어나고 있는 상황을 파악하여 대응하거나 앞으로 일어날 상황을

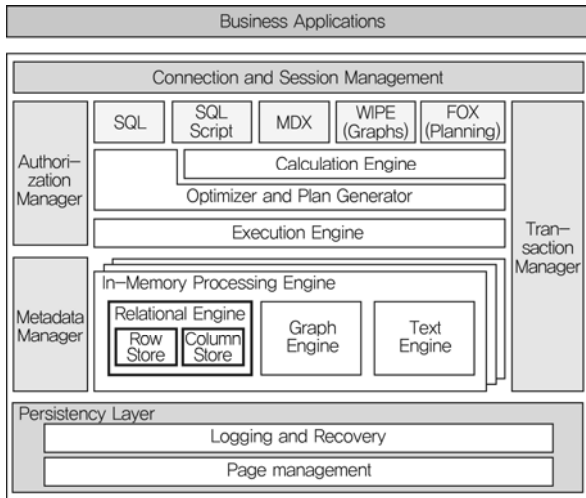


(그림 7) 행 기반 저장 vs. 열 기반 저장

예측하여 대비하기 위한 용도로 빠른 분석을 필요로 하는 응용이 증가하게 되었다. 인-메모리 DBMS가 빠른 분석을 위해 OLAP를 지원하도록 확장할 분위기가 조성된 것이다.

인-메모리 DBMS가 OLAP를 효과적으로 지원하기 위해서는 데이터 저장 구조, 분석을 위해 접근하는 데이터의 양을 줄이기 위한 방법, 기존 분석도구와의 투명한 연동을 위한 MDX(Multi-dimensional Expression) 지원 방법, 데이터 중복 저장을 줄이는 방법 등에 대한 고려가 필요하다.

인-메모리 DBMS에서는 OLAP의 데이터 접근 패턴에 대해 행 기반 저장 방식보다 캐시 친화적인 구조로서 OLAP 연산에 더 적합하다고 알려진 열 기반 저장 방식을 도입하고 있다(그림 7) 참조). 또한, Exasol[20]과 SAP HANA에서는 열 기반 저장 구조에 저장된 데이터에 대해 압축을 적용하고 압축을 해제하지 않은 상태에서 질의를 처리하는 것을 지원한다. 특히, SAP HANA에서는 (그림 8)의 시스템 구조처럼 행 기반 저장과 열 기반 저장을 위한 저장소를 모두 제공할 뿐 아니라 데이터가 저장된 방법을 바꿀 수 있는 명령어를 제공함으로써 OLTP(Online Transaction Processing)와 OLAP 응용을 동시에 지원한다.



(그림 8) SAP HANA 구조[21]

또한, 분석 응용이 필요로 하는 질의를 효과적으로 표현할 수 있어서 기존 분석도구에서 많이 사용하고 있는 MDX에 대한 지원을 하고 있다. Kognitio에서는 관계형 데이터가 큐브 계층으로 어떻게 매핑되는지를 서술한 메타데이터인 가상 큐브(virtual cube)를 이용해 MDX를 지원한다. Exasol에서도 Kognitio와 유사하게 다차원 큐브를 논리적으로 정의해 놓고 필요 시 동적으로 생성하여 MDX를 지원한다. SAP HANA에서는 데이터 중복 저장을 줄이기 위해 분석 질의 처리 시 인-메모리 데이터를 활용한 즉시 집계(on-the-fly aggregation)와 즉시 뷰(on-the-fly view)를 구성하여 MDX 지원에 활용한다.

3. 차세대 메모리 기반 DB 기술

PRAM은 비휘발성이며 바이트 단위로 접근이 가능하고, 유힘(idle) 모드에서 DRAM보다 더 적은 에너지를 사용할 뿐만 아니라 집적도가 높아서 더 큰 용량의 메모리 구성이 가능하며, 읽기 지연은 DRAM과 유사하고 쓰기 지연은 더 크며, NAND Flash와 비교했을 때 읽기/쓰기 지연 모두 더 작으며, 내구성(endurance)이 NAND Flash보다 최소 10배 이상 좋은 특성을 가지고 있다

〈표 3〉 메모리 특성[22]

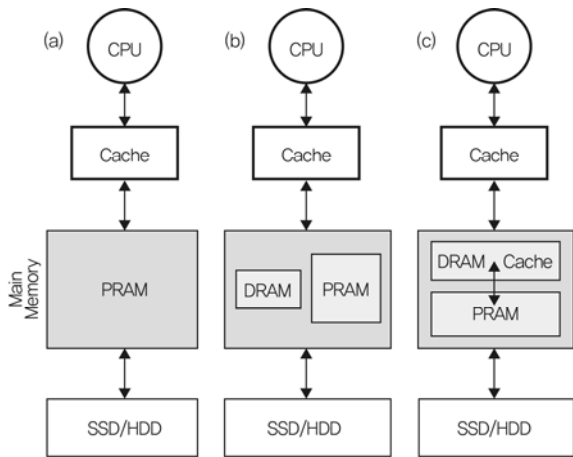
	DRAM	PCM	NAND Flash
Read energy	0.8J/GB	1J/GB	1.5J/GB[28]
Write energy	1.2J/GB	6J/GB	17.5J/GB[28]
Idle power	~100mW/GB	~1mW/GB	1~10mW/GB
Endurance	∞	10 ⁶ ~10 ⁸	10 ⁴ ~10 ⁵
Page size	64B	64B	4KB
Page read latency	20~50ns	~50ns	~25μs
Page write latency	20~50ns	~2μs	~500μs
Write bandwidth	~GB/s per die	50~100MB/s per die	5~40MB/s per die
Erase latency	N/A	N/A	~2ms
Density	1×	2~4×	4×

(〈표 3〉 참조). 이런 이유로 컴퓨터 구조와 시스템 관련 연구자들 사이에서 DRAM을 대체할 차세대 메모리의 후보로 PRAM 관련된 논쟁이 많이 일어나고 있다.

인-메모리 DBMS도 차세대 메모리로 부상하고 있는 PRAM을 활용할 수 있도록 확장 개선이 필요하다. 이를 위해 PRAM을 어떤 용도로 활용할지에 대한 고려뿐만 아니라 알고리즘과 데이터 구조에 대한 PRAM 최적화가 필요하다. PRAM은 아직 사용이 제한되어 있기에 실제 운영 가능한 사례 시스템은 없고, PRAM을 활용하여 데이터를 관리하는 방법에 대한 연구실 수준의 연구가 IBM, Intel, Microsoft 등의 글로벌 기업을 중심으로 진행되었다.

PRAM을 메인 메모리로 활용하는 방법은 (그림 9a)의 PRAM이 DRAM을 완전 대체하는 경우, (그림 9b)의 PRAM이 DRAM을 확장하는 형태로 사용되는 경우, (그림 9c)의 PRAM이 L1 캐시와 L2 캐시처럼 시스템에 의해 자동으로 관리되는 DRAM 버퍼와 함께 사용되는 경우의 3가지 유형으로 분류할 수 있다. IBM에서는 데이터 관리를 위해 DRAM을 PRAM의 버퍼로 활용하는 경우에 DRAM과 PRAM의 구성 비율을 어떻게 하는 것이 적당한지에 대한 연구가 진행되었다[23].

또한, IBM에서는 DBMS의 가장 큰 성능 저하의 원인들 중 하나인 디스크 로깅을 대체하기 위해 로그 저장소



(그림 9) PRAM 활용 유형[22]

로 PRAM, MRAM, FeRAM 등과 같은 바이트 단위 접근 가능한 비휘발성 메모리(Byte Addressable Persistent RAM, 이하 BPRAM)를 활용하는 방법에 대한 연구를 진행했다. 이를 위해 BPRAM 기반 로깅 방법과 BPRAM 로그 기반 회복 방법을 고안했으며, 로깅 부하 감소의 효과가 더 잘 나타나도록 하기 위해 디스크 DBMS가 아닌 자사 인-메모리 DBMS인 solidDB를 활용한 연구시제품을 통해 가능성을 검증했다[24].

Intel과 Microsoft에서는 PCM-DB 프로젝트를 통해 PRAM을 효과적으로 활용하기 위한 DBMS 알고리즘에 대한 연구를 진행했다. PRAM은 쓰기 연산이 읽기 연산에 비해 지연 시간이 길 뿐만 아니라 에너지 사용이 많으며, 쓰기 횟수에 한계($10^6 \sim 10^8$)가 있다는 단점이 있다. 이로 인해 PRAM을 데이터 저장 관리를 위한 용도로 활용하는 데 있어서 쓰기 횟수를 줄이는 것이 가장 중요한 이슈이다. 이러한 점에서 착안하여 인덱싱을 위해 사용되는 B-Tree와 조인 방법의 하나인 해시 조인에서 쓰기 연산을 줄이는 연구를 진행했다[22].

IV. 결론

본고에서는 대규모 데이터에 대한 익스트림 트랜잭션 처리 환경과 빅데이터 실시간 분석 서비스 환경을 지원

하기 위한 기반 기술인 인-메모리 컴퓨팅의 핵심 기술로 인-메모리 DBMS 기술 동향을 소개했다.

인-메모리 DBMS는 일부 고성능 트랜잭션 처리를 필요로 하는 응용의 소규모 데이터를 저장 관리하기 위한 기술에서 시작하여 데이터를 분할 및 복제한 후 분산 컴퓨팅 기술을 적용하여 데이터 용량과 성능에 대한 선형적 확장성을 제공하는 형태로 발전하고 있다.

응용 지원 측면에서 보면 OLTP 응용만을 위한 시스템과 OLAP 응용 지원만을 위한 시스템 형태로 분리되어 개발이 시작되어 근래에는 운영 데이터를 운영 중에 그대로 분석에 활용할 수 있는 OLTP 응용과 OLAP 응용을 동시에 지원하기 위한 시스템으로 발전하고 있다.

또한, 최근에는 저장 용량, 소비 전력 등에서 DRAM 만으로는 빅데이터를 저장하고 관리하는데 어려움이 있을 것이라는 판단 하에 DRAM의 접근 속도에 HDD의 저장 용량을 지원하는 것과 그런 메모리 기술을 표방하고 있는 BPRAM을 활용하여 데이터를 관리하는 기술에 대한 연구가 연구실 수준에서 진행되고 있다.

인-메모리 DBMS 분야에서는 수년 내에 BPRAM으로 대표되는 차세대 메모리 기술과 분산 컴퓨팅 기술에 기반한 스케일-아웃을 통한 데이터 저장 용량의 확대와 고성능 컴퓨팅 분야에서 활용성이 대두되고 있는 GPGPU, MIC 등으로 대표되는 성능 가속 장치를 활용하여 SIMD(Single Instruction Multiple Data)에 기반한 데이터 관리 연산의 고속 병렬화를 통해 OLTP와 OLAP의 경계가 사라질 것이다. 이를 통해 빅데이터에 대한 진정한 의미의 실시간 관리가 가능한 시대가 올 것으로 기대한다.

본고에서 살펴본 인-메모리 DBMS 기술 동향을 고려하여 한국전자통신연구원에서도 DRAM-NVRAM으로 구성된 이기종 메모리 계층과 성능 가속 장치나 코프로세서를 최적으로 활용하여 OLTP/OLAP 혼용 응용을 효과적으로 지원할 수 있는 이기종 메모리 계층 기반 분산 인-메모리 DBMS에 대한 연구를 2012년 6월부터 진행 중이다.

용어해설

NoSQL 데이터 저장을 위한 스키마를 필요로 하지 않고, 조인 연산을 회피하며 수평적 확장을 지원하는 Not Only SQL이라고 불리기도 하는 DBMS의 한 분류

OLAP 다양한 비즈니스 관점에서 쉽고 빠르게 다차원적인 데이터에 접근하여 의사 결정에 활용할 수 있는 정보를 얻을 수 있게 해주는 기술

OLTP 데이터의 조회 및 입력, 수정, 삭제 등의 목적으로 데이터베이스의 데이터를 수시로 검색하고 갱신하는 기술

약어 정리

BPRAM	Byte Addressable Persistent RAM
DBMS	Database Management System
IMDBMS	In-Memory DBMS
IMDG	In-Memory Data Grid
MDX	Multi-Dimensional Expression
NVRAM	Non-Volatile Random Access Memory
OLAP	Online Analytical Processing
OLTP	Online Transaction Processing
PRAM	Phase Change RAM
SIMD	Single Instruction Multiple Data

참고문헌

- [1] 아이티뉴스24, “온라인게임에도 클라우드 바람,” 2011. 11. 13.
- [2] Extreme Transaction Processing. http://en.wikipedia.org/wiki/Extreme_Transaction_Processing (2012. 12. 12. 방문)
- [3] J. Gray, “Tape is Dead, Disk is Tape, Flash is Disk, RAM Locality is King,” Storage Guru Gong Show, Redmond, WA, 10th Dec. 2006.
- [4] M. Pezzini, “Innovation Insight : Invest in In-Memory Computing for Breakthrough Competitive Advantage,” Gartner, 2011.
- [5] M. Pezzini, C. Claunch, and J. Unsworth, “Top 10 Strategic Technology Trends : In Memory Computing,” Gartner, 2012.
- [6] 지디넷코리아, “2012년 이끝 10대 IT 트렌드는?,” 2011. 11. 20.
- [7] Gartner, “Gartner Identifies the Top 10 Strategic Technology Trends for 2013,” 23th, Oct. 2012. <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=2209615> (2012. 12. 7. 방문)
- [8] B. Buff, “인 메모리 데이터 그리드 21세기 컴퓨팅의 새로운 기술 (In-Memory Data Grids : Foundation Technology for 21st Century Computing),” Impact Korea, 2012.
- [9] Altibase. <http://www.altibase.com/> (2012. 12. 10. 방문)
- [10] Kairos. <http://www.realtimetech.co.kr/> (2012. 12. 10. 방문)
- [11] IBM solidDB. <http://www-01.ibm.com/software/data/soliddb/> (2012. 12. 10. 방문)
- [12] Oracle TimesTen. http://en.wikipedia.org/wiki/Times_Ten (2012. 12. 7. 방문)
- [13] Aerospike. <http://www.aerospike.com/> (2012. 12. 7. 방문)
- [14] V. Srinivasan and B. Bulkowski, “Citrusleaf: A Real-Time NoSQL DB which Preserves ACID,” PVLDB, vol. 4, no. 12, 2011, pp. 1340-1350.
- [15] Couchbase. <http://www.couchbase.com/> (2012. 12. 12. 방문)
- [16] VoltDB. <http://voldb.com/> (2012. 12. 7. 방문)
- [17] SAP HANA. http://en.wikipedia.org/wiki/SAP_HANA (2012. 12. 7. 방문)
- [18] VoltDB, “VoltDB Technical Overview,” 2012. http://voldb.com/downloads/datasheets_collateral/technical_overview.pdf (2012. 12. 7. 방문)
- [19] Kognitio. <http://www.kognitio.com/> (2012. 12. 7. 방문)
- [20] Exasol. <http://www.exasol.com/> (2012. 12. 7. 방문)
- [21] F. Farber et al., “SAP HANA Database - Data Management for Modern Business Applications,” *SIGMOD Record*, Dec. 2011.
- [22] PCM-DB Project. <http://www.pittsburgh.intel-research.net/projects/hi-spade/pcm-db/index.htm> (2012. 12. 12. 방문)
- [23] M.K. Qureshi, V. Srinivasan, and J.A. Rivers, “Scalable High Performance Main Memory System Using Phase-Change Memory Technology,” *Proc. 36th Annu. Int. Symp. Comput. Archit.*, 2009.
- [24] R. Fang et al., “High Performance Database Logging Using Storage Class Memory,” *Proc. IEEE 27th Int. Conf. Data Eng.*, 2011, pp. 1221-1231.