오디세우스/EduCOSMOS Project #1: EduBfM Project Manual

Version 1.1

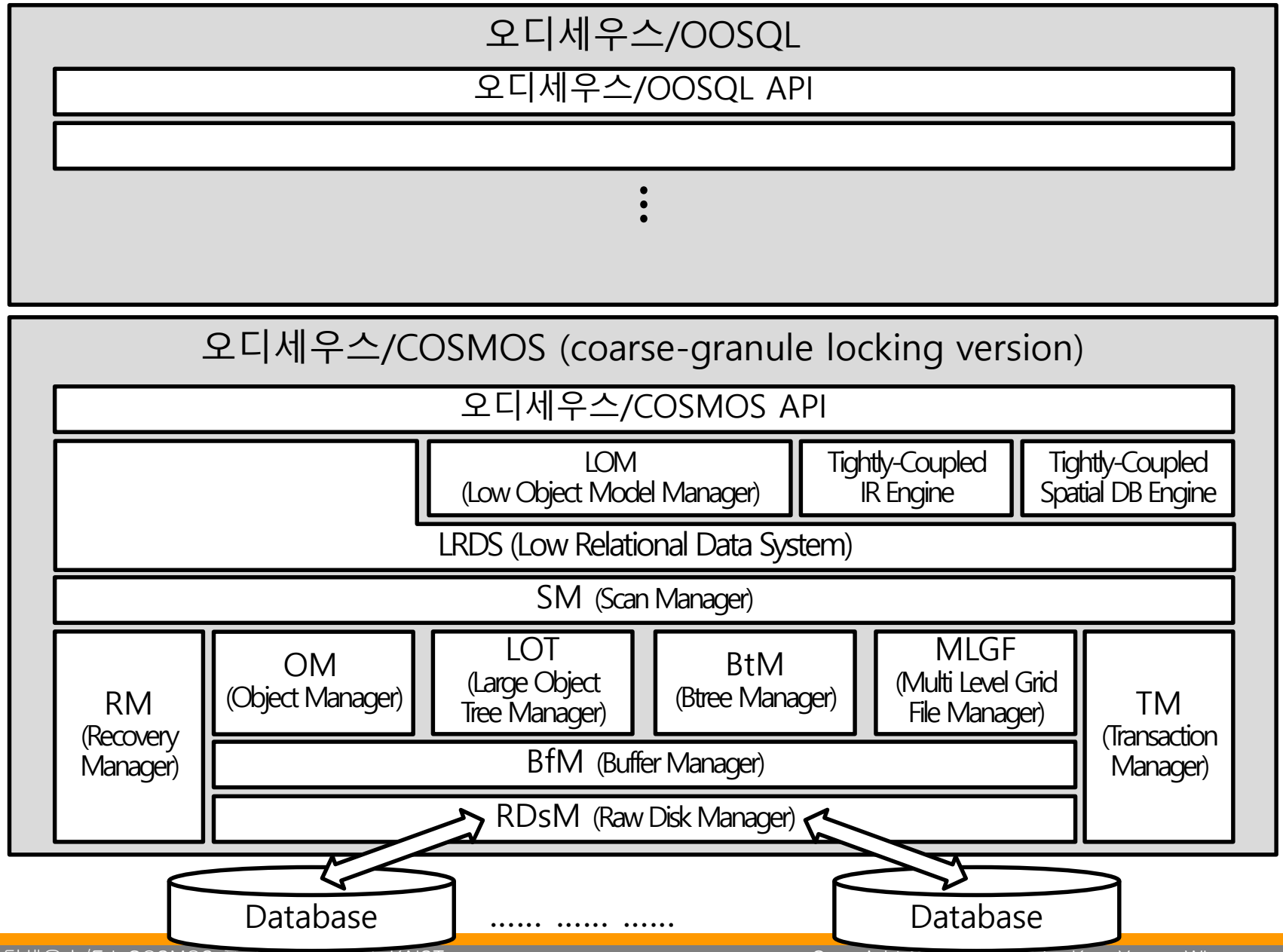
목차

오디세우스/COSMOS

- 오디세우스
  - 1990년부터 황규영 교수 (첨단정보기술 연구센터 (AITrc) / KAIST 전산학과) 등이 개발한 객체 관계형 DBMS

- 오디세우스/COSMOS
  - 오디세우스의 저장 시스템으로서, 각종 데이터베이스 응용 소프트웨어의 하부 구조로 사용되고 있음

- 오디세우스 구조

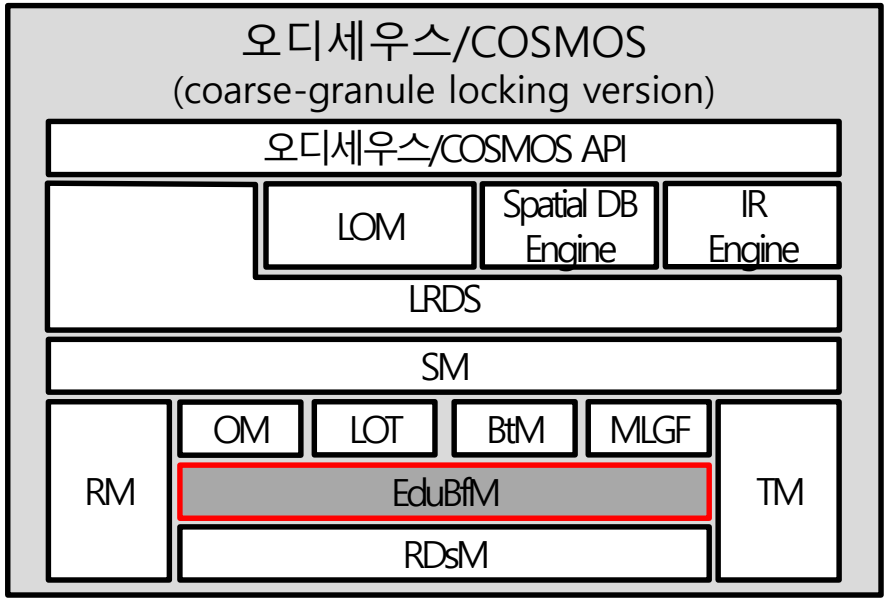


오디세우스/EduCOSMOS Project

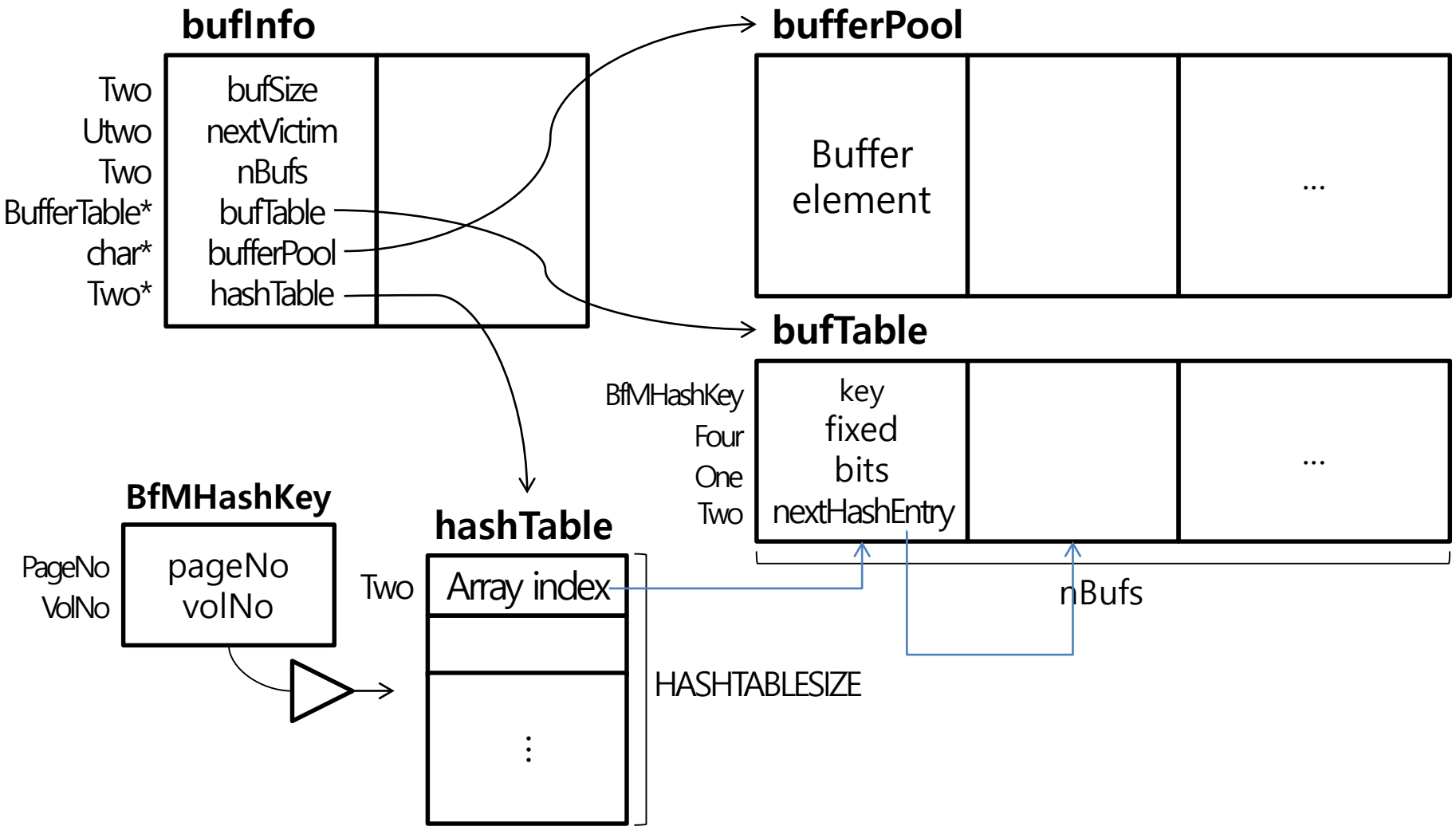
- 개요
  - Coarse granule locking 버전 오디세우스/COSMOS의 일부분을 구현하는 교육 목적용 project
    - 프로젝트 선행 조건: 기초적인 C 프로그래밍 능력
- 목표
  - 오디세우스/COSMOS의 일부분을 구현함으로써 DBMS 각 모듈별 기능을 학습함
- Project 종류
  - EduBfM
    - Buffer manager에 대한 연산들을 구현함
  - EduOM
    - Object manager와 page 관련 구조에 대한 연산들을 구현함
  - EduBtM
    - B+ tree 색인 manager에 대한 연산들을 구현함

EduBfM Project

- 목표
  - Disk 상의 page 또는 train을 main memory 상에 유지하는 buffer manager에 대한 데이터 구조 및 연산들을 구현함
    - Train: page의 데이터 영역보다 큰 large object를 저장하기 위한 page들의 집합
  - EduBfM에서는 오디세우스/COSMOS BfM의 기능들 중 극히 제한된 일부 기능들만을 구현함



데이터 구조



bufInfo

- 개요
  - Buffer pool 및 관련 정보를 유지하기 위한 데이터 구조
  - 두 가지 종류의 buffer pool이 존재하며, 각각 별도의 *bufInfo*를 유지함
    - PAGE_BUF: page의 전체 데이터 영역보다 작은 small object들, index entry들 등이 저장되는 page들을 저장하기 위한 page buffer pool
    - LOT_LEAF_BUF: page의 데이터 영역보다 큰 large object를 나타내는 구조인 Large Object Tree의 leaf node (현재, 4개의 page들로 구성됨) 들을 저장하기 위한 train buffer pool

- 구성
  - bufSize
    - Buffer pool을 구성하는 buffer element의 크기 (단위: # of pages)
      - PAGE_BUF: 1
      - LOT_LEAF_BUF: 4 (조절 가능함)

- nextVictim
  - Buffer replacement algorithm이 buffer element의 교체 여부 판별을 위해 방문할 다음 buffer element의 array index
- nBufs
  - Buffer pool을 구성하는 buffer element의 개수
- bufTable
  - Buffer pool을 구성하는 각 buffer element에 대한 정보를 저장하는 table
- bufferPool
  - Buffer pool (disk로부터 읽어온 page들/train들을 main memory 상에 유지하기 위한 buffer element들의 집합)
- hashTable
  - Buffer pool에 존재하는 page들/train들에 대한 효율적인 검색을 지원하기 위한 hash table

bufTable

- 개요
  - *bufferPool*을 구성하는 각 buffer element에 저장된 page/train에 대한 정보를 저장하기 위한 데이터 구조
  - *bufTable*의 *n*번째 element는 *bufferPool*의 *n*번째 buffer element에 저장된 page/train에 대한 정보를 저장함

- 구성
  - key
    - Buffer element에 저장된 page/train의 hash key (= page의 ID 또는 train의 첫 번째 page의 ID)
      - Page의 ID는 page 번호 및 volume 번호로 구성됨
  - fixed
    - Buffer element에 저장된 page/train을 fix (access) 하고 있는 transaction들의 수

- bits
  - buffer element의 상태를 나타내는 bit들의 집합
    - 첫 번째 bit (DIRTY): buffer element에 저장된 page/train이 수정되었음을 나타내는 bit
    - 세 번째 bit (REFER): buffer replacement algorithm에 의한 방문 여부를 나타내는 bit
    - 이외의 bit들은 EduBfM에서는 사용하지 않음 (EduBfM function 구현시 이를 무시해도 됨)
- nextHashEntry
  - 동일한 hash value를 갖는 다음 page/train이 저장된 buffer element의 array index

BfMHashKey

- 개요
  - Page/train의 hash key를 저장하기 위한 데이터 구조

- 구성
  - pageNo
    - Page 번호 또는 train의 첫 번째 page 번호
      - 한 volume 내에서 page별로 unique한 번호임
  - volNo
    - Page/train이 저장된 disk volume의 volume 번호
      - 한 시스템 내에서 volume별로 unique한 번호임

※ Hash value는 hash key를 input으로 하는 hash function의 output임

Hash value = (*pageNo* + *volNo*) % HASHTABLESIZE

hashTable

- 개요
  - Page/train이 저장된 buffer element의 array index를 저장하기 위한 table로서, buffer element의 *bufTable*에 대한 array index를 저장하는 *hashTable* entry들로 구성됨
  - Buffer element에 저장된 page/train의 hash value를 이용하여 array index를 *hashTable* entry에 저장함
    - Hash value가 *n*인 page/train 중 가장 최근에 disk로부터 읽어온 page/train이 저장된 buffer element의 array index는 *hashTable*의 *n*번째 entry에 저장됨
      - Hash value가 동일한 다른 page/train들이 저장된 buffer element들의 array index들은 *bufTable*의 *nextHashEntry* 변수를 통해 linked list 형태로 연결되어 유지됨
  - Array index가 저장되지 않은 *hashTable* entry에는 *NIL*(-1)값이 저장됨

관련 연산

- Page/train을 fix
  - Page/train을 access하기 위해 해당 page/train을 *bufferPool*에 fix 함
    - 모든 transaction들은 page/train을 access하기 전에 해당 page/train을 *bufferPool*에 fix 해야 함
    - *fixed* 변수 값을 1 증가시킴
- Page/train을 unfix
  - Page/train을 *bufferPool*에서 unfix 함
    - 모든 transaction들은 page/train access를 마치고 해당 page/train을 *bufferPool*에서 unfix 해야 함
    - *fixed* 변수 값을 1 감소시킴
- Dirty bit를 set
  - *bufferPool*에 저장된 page/train이 수정되었음을 표시하기 위해 DIRTY bit를 1로 set 함
- *bufferPool*의 page/train들을 flush
  - *bufferPool*에 존재하는 page/train들 중 수정된 page/train들을 disk에 기록함
- *bufferPool*의 page/train들을 discard
  - *bufferPool*에 존재하는 page/train들을 *bufferPool*에서 삭제함

구현할 API Function 들

- EduBfM_GetTrain()
- EduBfM_FreeTrain()
- EduBfM_SetDirty()
- EduBfM_FlushAll()
- EduBfM_DiscardAll()

(※ API function들은 p.4의 오디세우스/COSMOS API의 일부를 의미함)
(※ API: Application Programming Interface)

EduBfM_GetTrain()

- 파일: EduBfM_GetTrain.c

- 설명
  - Page/train을 *bufferPool*에 fix 하고, page/train이 저장된 buffer element에 대한 포인터를 반환함
    - Fix 할 page/train의 hash value를 이용하여, 해당 page/train이 저장된 buffer element의 array index를 *hashTable*에서 검색함
    - Fix 할 page/train이 *bufferPool*에 존재하지 않는 경우,
      - *bufferPool*에서 page/train을 저장할 buffer element 한 개를 할당 받음
      - Page/train을 disk로부터 읽어와서 할당 받은 buffer element에 저장함
      - 할당 받은 buffer element에 대응하는 *bufTable* element를 갱신함
        - » *key*: fix 할 page/train의 hash key를 저장함
        - » *fixed*: 1로 설정함

    - » *bits*: REFER bit를 1로 set함
        - DIRTY bit는 EduBfM_SetDirty(), EduBfM_DiscardAll(), edubfm_AllocTrain(), edubfm_FlushTrain()에 의해 manage되므로 갱신할 필요 없음
    - » *nextHashEntry*: edubfm_Insert(),edubfm_Delete()에 의해 manage되므로 갱신할 필요 없음
  - 할당 받은 buffer element의 array index를 *hashTable*에 삽입함
  - 할당 받은 buffer element에 대한 포인터를 반환함
- Fix 할 page/train이 *bufferPool*에 존재하는 경우,
  - 해당 page/train이 저장된 buffer element에 대응하는 *bufTable* element를 갱신함
    - » *fixed*: 1 증가시킴
    - » *bits*: REFER bit를 1로 set함
  - 해당 buffer element에 대한 포인터를 반환함

- 파라미터
  - PageID/TrainID *trainId
    (IN) fix 할 page의 ID 또는 train의 첫 번째 page의 ID
  - char **retbuf
    (OUT) fix 된 page/train이 저장될 buffer element에 대한 포인터
  - Four type
    (IN) *bufferPool*의 종류

- 반환값
  - Four 에러코드
    - eNOERROR: 에러 없음
    - 관련 함수에서 반환되는 에러코드

- 관련 함수
  edubfm_AllocTrain(), edubfm_Insert(), edubfm_LookUp(), edubfm_ReadTrain()

EduBfM_FreeTrain()

- 파일: EduBfM_FreeTrain.c

- 설명
  - Page/train을 *bufferPool*에서 unfix 함
    - Unfix 할 page/train의 hash value를 이용하여, 해당 page/train이 저장된 buffer element의 array index를 *hashTable*에서 검색함
    - 해당 buffer element에 대한 *fixed* 변수 값을 1 감소시킴
      - *fixed* 변수의 값이 0보다 작아질 경우,
        - » 경고 메시지 ("Warning: Fixed counter is less than 0!!!") 를 화면에 출력함
        - » *fixed* 변수의 값을 0으로 설정함

- 파라미터
  - PageID/TrainID *trainId
    (IN) unfix 할 page의 ID 또는 train의 첫 번째 page의 ID
  - Four type
    (IN) *bufferPool*의 종류

- 반환값
  - Four 에러코드
    - eNOERROR: 에러 없음
    - eNOTFOUND_BFM: page/train이 *bufferPool*에 존재하지 않음

- 관련 함수
  edubfm_LookUp()

EduBfM_SetDirty()

- 파일: EduBfM_SetDirty.c

- 설명
  - *bufferPool*에 저장된 page/train이 수정되었음을 표시하기 위해 DIRTY bit를 1로 set함
    - 수정된 page/train의 hash value를 이용하여, 해당 해당 page/train이 저장된 buffer element의 array index를 *hashTable*에서 검색함
    - 해당 buffer element에 대한 DIRTY bit를 1로 set함

- 파라미터
  - PageID/TrainID *trainId
    (IN) 수정된 page의 ID 또는 train의 첫 번째 page의 ID
  - Four type
    (IN) *bufferPool*의 종류

- 반환값
  - Four 에러코드
    - eNOERROR: 에러 없음
    - eNOTFOUND_BFM: page/train이 *bufferPool*에 존재하지 않음

- 관련 함수
  edubfm_LookUp()

EduBfM_FlushAll()

- 파일: EduBfM_FlushAll.c

- 설명
  - 각 *bufferPool*에 존재하는 page/train들 중 수정된 page/train들을 disk에 기록함
    - DIRTY bit가 1로 set 된 buffer element들에 저장된 각 page/train에 대해, edubfm_FlushTrain()을 호출하여 해당 page/train을 disk에 기록함

- 파라미터 없음

- 반환값
  - Four 에러코드
    - eNOERROR: 에러 없음
    - 관련 함수에서 반환되는 에러코드

- 관련 함수

  edubfm_FlushTrain()

EduBfM_DiscardAll()

- 파일: EduBfM_DiscardAll.c

- 설명
  - 각 *bufferPool*에 존재하는 page/train들을 disk에 기록하지 않고 *bufferPool*에서 삭제함
    - 각 *bufTable*의 모든 element들을 초기화함
      - *key*: *pageNo*를 *NIL*(-1)로 설정함
      - *fixed*: EduBfM_GetTrain(), EduBfM_FreeTrain()에 의해 manage되므로 초기화할 필요 없음
      - *bits*: 모든 bit를 reset함
      - *nextHashEntry*: edubfm_Insert(),edubfm_Delete()에 의해 manage되므로 초기화할 필요 없음
    - 각 *hashTable*에 저장된 모든 entry (즉, array index) 들을 삭제함

- 파라미터 없음

- 반환값
  - Four 에러코드
    - eNOERROR: 에러 없음
    - 관련 함수에서 반환되는 에러코드

- 관련 함수

  edubfm_DeleteAll()

구현할 Internal Function 들

- edubfm_ReadTrain()
- edubfm_AllocTrain()
- edubfm_Insert()
- edubfm_Delete()
- edubfm_Deleteall()
- edubfm_LookUp()
- edubfm_FlushTrain()

edubfm_ReadTrain()

- 파일: edubfm_ReadTrain.c

- 설명
  - Page/train을 disk로부터 읽어와서 buffer element에 저장하고, 해당 buffer element에 대한 포인터를 반환함

- 파라미터
  - PageID/TrainID *trainId
    (IN) 읽어올 page의 ID 또는 train의 첫 번째 page의 ID
  - char *aTrain
    (OUT) 읽어온 page/train이 저장될 buffer element에 대한 포인터
  - Four type
    (IN) *bufferPool*의 종류

- 반환값
  - Four 에러코드
    - eNOERROR: 에러 없음
    - 관련 함수에서 반환되는 에러코드

- 관련 함수

  RDsM_ReadTrain() (p.44~45 참고)

edubfm_AllocTrain()

- 파일: edubfm_AllocTrain.c

- 설명
  - *bufferPool*에서 page/train을 저장하기 위한 buffer element를 한 개 할당 받고, 해당 buffer element의 array index를 반환함
    - Second chance buffer replacement algorithm을 사용하여, 할당 받을 buffer element를 선정함
      - 할당 대상 선정을 위해 대응하는 *fixed* 변수 값이 0인 buffer element들을 순차적으로 방문함
        - » 방문 순서:
          1) Array index가 *bufInfo.nextVictim*인 buffer element
          2) Array index가 (*bufInfo.nextVictim*+1)%*bufInfo.nBufs*인 buffer element
          ...
          n) Array index가 (*bufInfo.nextVictim*+n-1)%*bufInfo.nBufs*인 buffer element
      - 각 buffer element 방문시 REFER bit를 검사하여 동일한 buffer element를 2회째 방문한 경우 (REFER bit == 0), 해당 buffer element를 할당 대상으로 선정하고, 아닌 경우 (REFER bit == 1), REFER bit를 0으로 설정함

- 선정된 buffer element와 관련된 데이터 구조를 초기화함
  - 선정된 buffer element에 저장되어 있던 page/train이 수정된 경우, 기존 buffer element의 내용을 disk로 flush함
  - 선정된 buffer element에 대응하는 *bufTable* element를 초기화함
    - » *key*: EduBfM_GetTrain(), EduBfM_DiscardAll() 에 의해 manage 되므로 초기화할 필요 없음
    - » *fixed*: EduBfM_GetTrain(), EduBfM_FreeTrain()에 의해 manage 되므로 초기화할 필요 없음
    - » *bits*: 모든 bit를 reset함
    - » *nextHashEntry*: edubfm_Insert(), edubfm_Delete()에 의해 manage되므로 초기화할 필요 없음
  - *bufInfo.nextVictim*의 값을 ((선정된 buffer element의 array index + 1) % *bufInfo.nBufs*)로 설정함
  - 선정된 buffer element의 array index (*hashTable* entry) 를 *hashTable*에서 삭제함
    - » 즉, 해당 array index가 저장된 *hashTable* entry의 값을 *NIL*(-1)로 수정함
- 선정된 buffer element의 array index를 반환함

- 파라미터
  - Four type
    (IN) *bufferPool*의 종류

- 반환값
  - Four 할당 받은 buffer element의 array index
    또는 에러코드
    - eNOUNFIXEDBUF_BFM: unfix된 (즉, *fixed* 변수 값이 0인) buffer element가 없음
    - 관련 함수에서 반환되는 에러코드

- 관련 함수

  edubfm_Delete(), edubfm_FlushTrain()

edubfm_Insert()

- 파일: edubfm_Hash.c

- 설명
  - *hashTable*에 buffer element의 array index를 삽입함
    - 해당 buffer element에 저장된 page/train의 hash value를 이용하여, *hashTable*에서 해당 array index를 삽입할 위치를 결정함
      - Hash value가 *n* 인 경우, *hashTable*의 *n* 번째 entry에 삽입함
    - Collision이 발생하지 않은 경우, 해당 array index를 결정된 위치에 삽입함
    - Collision이 발생한 경우, chaining 방법을 사용하여 이를 처리함
      - 해당 buffer element에 대한 *nextHashEntry* 변수에 기존 *hashTable* entry (array index) 를 저장함
      - 새로운 array index를 결정된 위치에 삽입함

      ⇒ 동일한 hash value를 갖는 page/train들이 저장된 buffer element들의 array index들이 linked list 형태로 연결되어 유지됨

- 파라미터
  - BfMHashKey *key
    (IN) buffer element에 저장된 page/train의 hash key
  - Two index
    (IN) 삽입할 buffer element의 array index
  - Four type
    (IN) *bufferPool*의 종류
- 반환값
  - Four 에러코드
    - eNOERROR: 에러 없음
- 관련 함수 없음

edubfm_Delete()

- 파일: edubfm_Hash.c

- 설명
  - *hashTable*에서 buffer element의 array index를 삭제함
    - 해당 buffer element에 저장된 page/train의 hash value를 이용하여, 삭제할 buffer element의 array index를 *hashTable*에서 검색함
    - 검색된 entry (array index) 를 *hashTable*에서 삭제함
      - 동일한 hash value를 갖는 page/train들이 저장된 buffer element들의 array index들간의 linked list 구조가 유지되도록 해당 array index를 삭제함

- 파라미터
  - BfMHashKey *key
    (IN) buffer element에 저장된 page/train의 hash key
  - Four type
    (IN) *bufferPool*의 종류

- 반환값
  - Four 에러코드
    - eNOERROR: 에러 없음
    - eNOTFOUND_BFM: *key*가 *hashTable*에 존재하지 않음

- 관련 함수 없음

edubfm_DeleteAll()

- 파일: edubfm_Hash.c

- 설명
  - 각 *hashTable*에서 모든 entry (buffer element의 array index) 들을 삭제함
    - *hashTable* entry들의 값을 *NIL*(-1)로 설정함

- 파라미터 없음
- 반환값
  - Four 에러코드
    - eNOERROR: 에러 없음
- 관련 함수 없음

edubfm_LookUp()

- 파일: edubfm_Hash.c

- 설명
  - 파라미터로 주어진 hash key (BfMHashKey) 를 갖는 page/train 이 저장된 buffer element의 array index를 *hashTable*에서 검색하여 반환함
    - 해당 hash key를 갖는 page/train이 저장된 buffer element의 array index를 *hashTable*에서 검색함
      - 해당 hash key (*key*) 를 사용하여 hash value (*hashValue*) 를 계산함
        - » *hashValue* = (*key->volNo* + *key->pageNo*) % HASHTABLESIZE
      - *hashValue* 번째 *hashTable* entry로 저장된 array index가 가리키는 buffer element를 시작으로 하여 *nextHashEntry*로 연결된 buffer element들을 순차적으로 방문하여 주어진 hash key를 갖는 page/train이 저장된 buffer element를 찾음
    - 검색된 buffer element의 array index를 반환함

- 파라미터
  - BfMHashKey *key
    (IN) 검색에 사용할 hash key
  - Four type
    (IN) *bufferPool*의 종류

- 반환값
  - Four 검색된 buffer element의 array index
    또는, 에러코드
    - NOTFOUND_IN_HTABLE: *key*가 *hashTable*에 존재하지 않음

- 관련 API 및 함수 없음

edubfm_FlushTrain()

- 파일: edubfm_FlushTrain.c

- 설명
  - 수정된 page/train을 disk에 기록함
    - Flush 할 page/train의 hash value를 이용하여, 해당 page/train이 저장된 buffer element의 array index를 *hashTable*에서 검색함
    - 해당 buffer element에 대한 DIRTY bit가 1로 set 된 경우, 해당 page/train을 disk에 기록함
    - 해당 DIRTY bit를 reset 함

- 파라미터
  - PageID/TrainID *trainId
    (IN) flush 할 page의 ID 또는 train의 첫 번째 page의 ID
  - Four type
    (IN) *bufferPool*의 종류

- 반환값
  - Four 에러코드
    - eNOERROR: 에러 없음
    - eNOTFOUND_BFM: page/train이 *bufferPool*에 존재하지 않음
    - 관련 함수에서 반환되는 에러코드

- 관련 함수
  edubfm_LookUp(), RDsM_WriteTrain() (p.46~47 참고)

제공되는 Function 들

- RDsM_ReadTrain()
  - Page/train을 디스크로부터 읽어옴
  - 파라미터
    - PageID/TrainID *trainId
      (IN) 읽어올 page의 ID 또는 train의 첫 번째 page의 ID
    - char *bufPtr
      (OUT) 읽어온 page/train이 저장될 buffer element에 대한 포인터
    - Two sizeOfTrain
      (IN) 읽어올 train의 크기 (단위: # of pages)
      (※ page를 읽어오기 위해서는, *sizeOfTrain*을 1로 설정함)
  - 반환값
    - Four 에러코드

– 예

```
Four edubfm_ReadTrain(
    TrainID *trainId,     /* IN: ID of the page to be read */
    char     *aTrain,     /* OUT: pointer to the buffer */
    Four     type)     /* IN: buffer type */
{
    ...
    /* Read the page from the disk */
    e = RDsM_ReadTrain(trainId, aTrain, BI_BUFSIZE(type));
                // RDsM_ReadTrain() 호출 결과 읽어온 page/train은 aTrain 변수가 가리키는 곳에 저장됨
if( e < 0 ) ERR( e );
    ...
}
```

- RDsM_WriteTrain()
  - Page/train을 디스크에 기록함
  - 파라미터
    - char *bufPtr

      (IN) 기록할 page/train이 저장된 buffer element에 대한 포인터
    - PageID *trainId

      (IN) 기록할 page의 ID 또는 train의 첫 번째 page의 ID
    - Two sizeOfTrain

      (IN) 기록할 train의 크기 (단위: # of pages)
      (※ page를 기록하기 위해서는, *sizeOfTrain*을 1로 설정함)
  - 반환값
    - Four 에러코드

– 예

```
Four edubfm_FlushTrain(
    TrainID *trainId,    /* IN: ID of the page to be flushed */
    Four    type)    /* IN: buffer type */
{
    Four index;    /* array index of the buffer element that contains the page */
    ...
    /* Write the page into the disk */
    e = RDsM_WriteTrain(BI_BUFFER(type, index), trainId, BI_BUFSIZE(type));
    if( e < 0 ) ERR( e );
    ...
}
```


Error 처리

- Error 처리 매크로
  - ERR(e)
    - 파라미터로 주어진 error code *e*, error가 발생한 파일명 및 error가 발생한 위치 등을 error log 파일 (odysseus_error.log) 에 기록한 후, error code를 반환함
    - 사용예

      if(retBuf == NULL) ERR(eBADBUFFER_BFM)

- Error code

  $(EduBfM_HOME_DIR)/Header/EduBfM_errorcodes.h 파일 참고

Project 수행 방법

- Project에서 사용되는 파일
  - 학생들이 구현해야 하는 파일
    - Skeleton 파일 (.c 파일)
      구현부가 생략되어 있는 function들로 구성된 파일
  - 학생들에게 주어지는 파일
    - Object 파일 (.o 파일)
      기반 시스템인 오디세우스/COSMOS가 object 파일로 compile된 것으로서, 구현할 모듈에서 사용되는 하위 레벨 function 들을 포함한 오디세우스/COSMOS의 모든 function들이 포함된 파일
    - Header 파일 (.h 파일)
      구현할 모듈 및 테스트 모듈과 관련된 데이터 구조 정의와 function들의 prototype들로 구성된 파일
    - 테스트 모듈 소스 코드 파일
      구현한 모듈의 기능을 테스트 하기 위한 테스트 모듈의 소스 코드 파일
    - Solution 실행 파일
      정확한 테스트 결과를 보여주는 실행 파일
  - 기타 파일
    - Volume 파일 (.vol 파일)
      테스팅 중 사용되는 데이터가 저장되는 파일

- Project 수행 방법
  - Skeleton 파일 내의 function들을 구현함
    - 구현시 $(EduBfM_HOME_DIR)/Header 디렉토리의 헤더 파일들에 저장된 각종 macro들을 활용 가능함
  - make 명령을 이용하여, 구현된 skeleton 파일들과 테스트 모듈 소스 코드 파일을 compile하고 주어진 object 파일과 link함
    - Compile 및 linking 결과로서 구현된 모듈의 기능을 테스트하기 위한 실행 파일이 생성됨
  - 생성된 실행 파일의 실행 결과를 주어진 solution 실행 파일의 실행 결과와 비교함

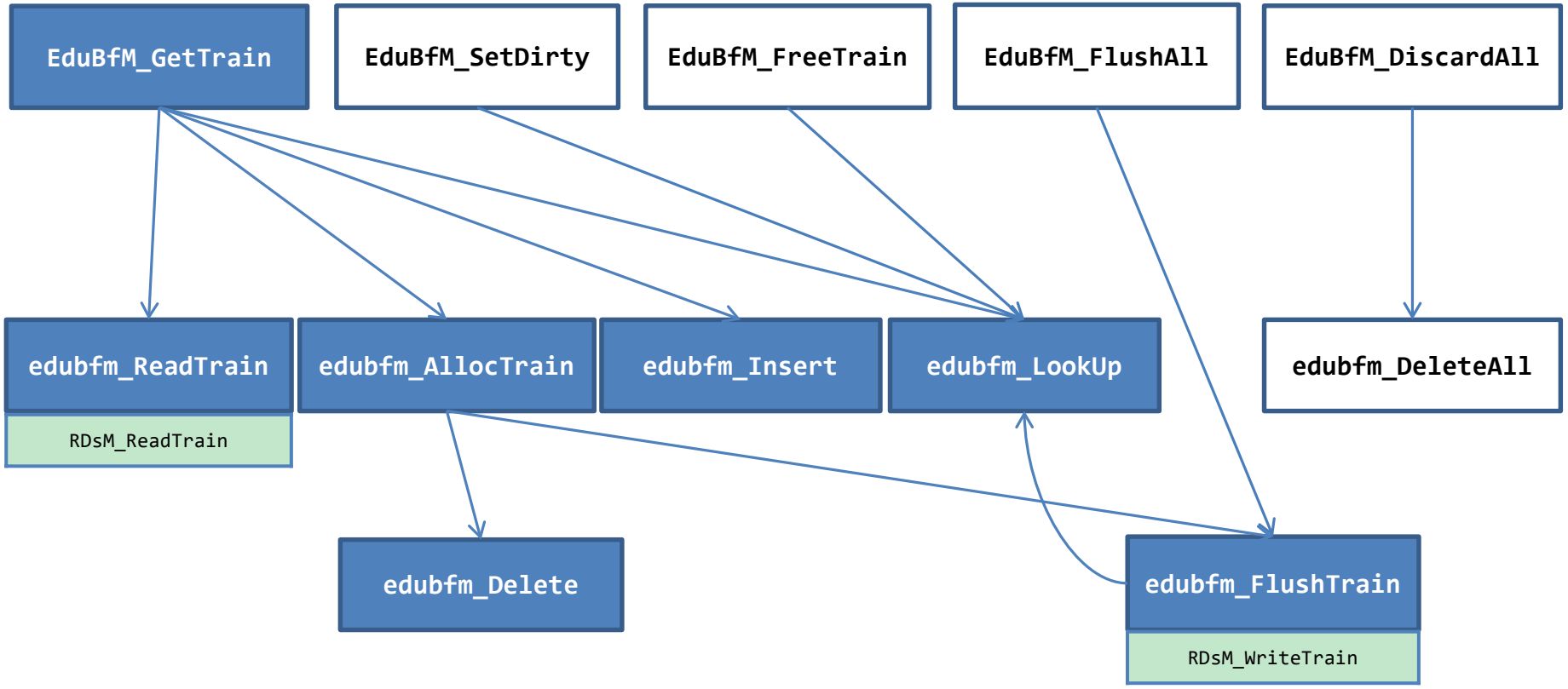
❖ 일부 기능만을 구현하여 테스트 하는 방법
  ❖ $(EduBfM_HOME_DIR)/Header/EduBfM_TestModule.h 파일 코드를 변경
    ❖ 구현한 API 함수의 경우, 대응하는 매크로 값을 TRUE로 변경
    ❖ 구현하지 않은 API 함수의 경우, 대응하는 매크로 값을 FALSE로 변경
  ❖ Make 명령어를 입력하여 project를 recompile 함

❖ API function에서 호출하는 일부 internal function을 구현하지 않고 해당 API function을 구현하는 방법
  ❖ 대응하는 default solution function (internal function 명에서 "edu" keyword가 제거된 형태)을 사용함
    ❖ 예: edubfm_ReadTrain()의 successful default solution function은 bfm_ReadTrain() 임

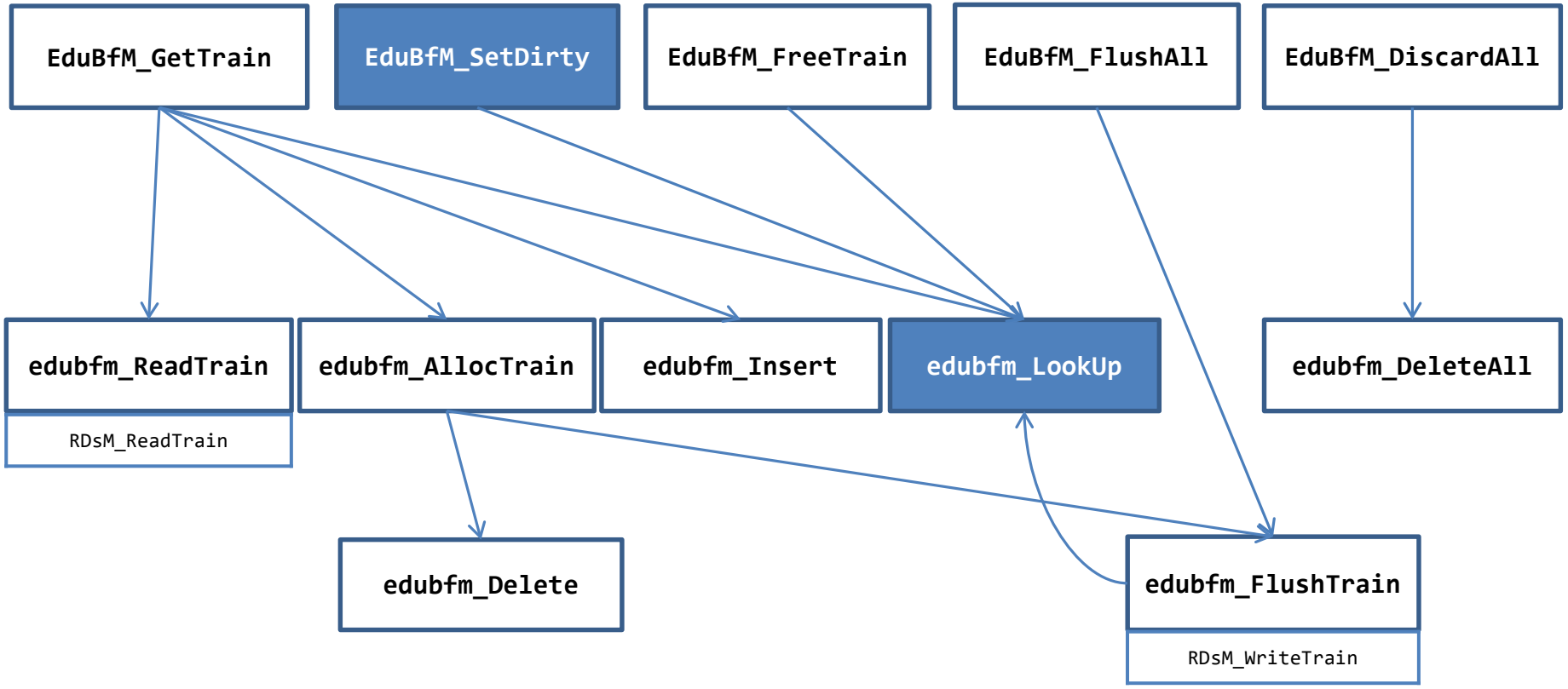
Appendix

Function Call Graph

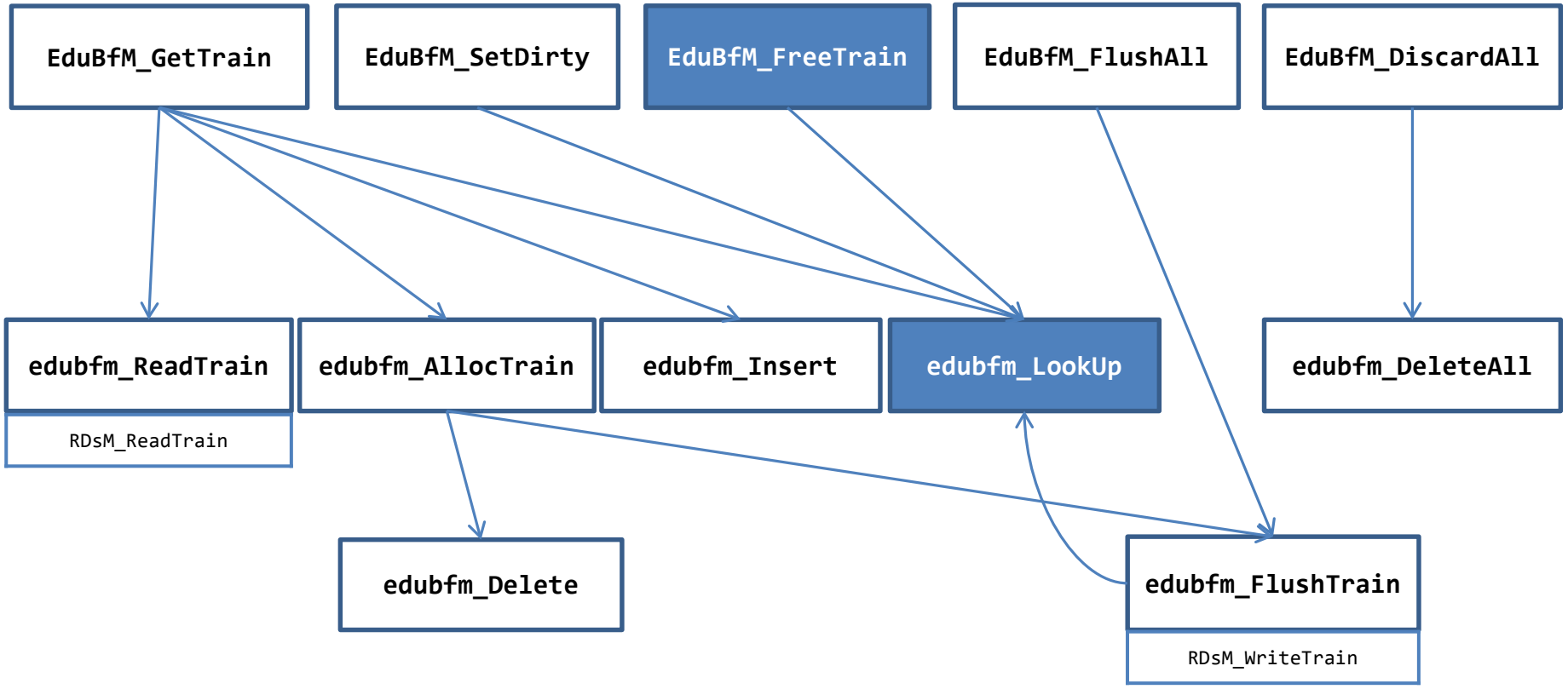
EduBfM_GetTrain



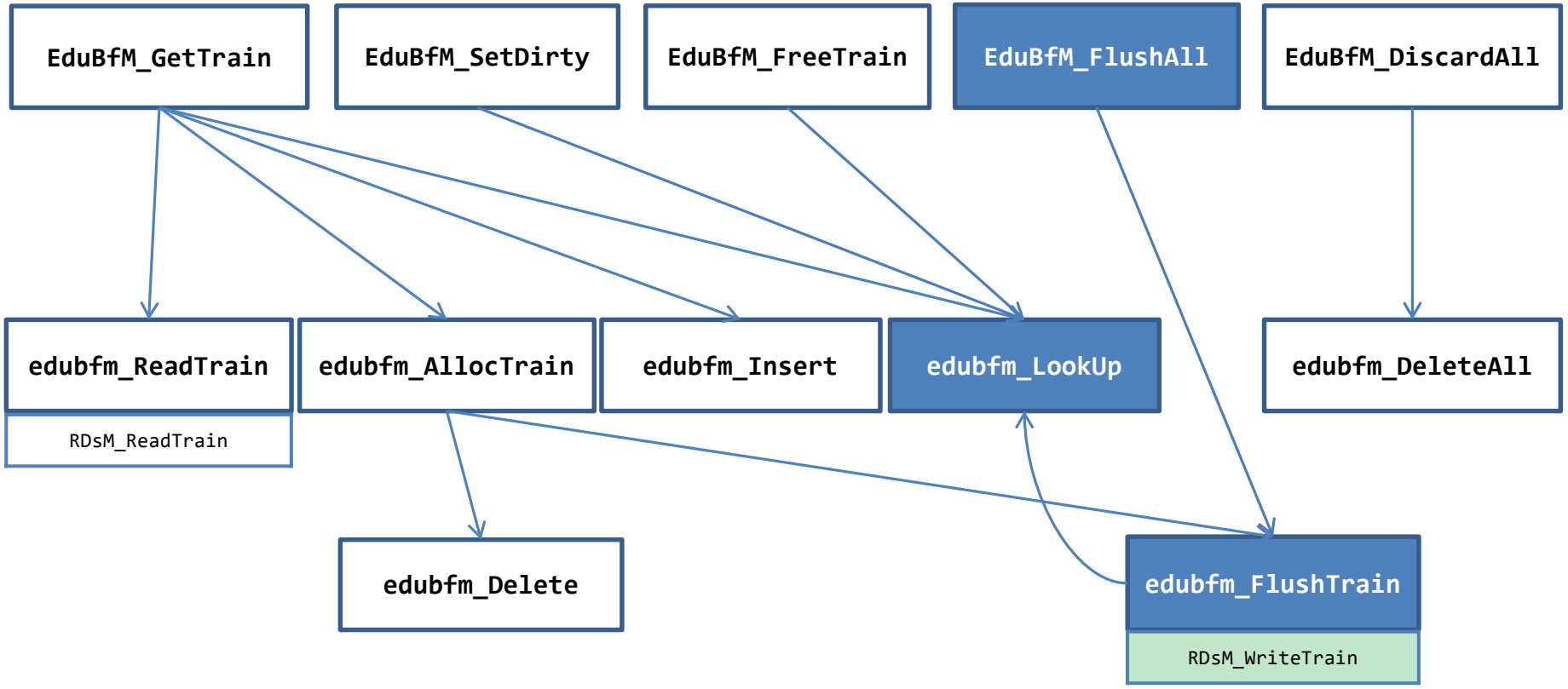
EduBfM_SetDirty



EduBfM_FreeTrain



EduBfM_FlushAll



EduBfM_DiscardAll