오디세우스/EduCOSMOS Project #3: EduBtM Project Manual

Version 1.0

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

Copyright (c) 2013-2015, Kyu-Young Whang, KAIST
All rights reserved.

Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

1. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.

2. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.

3. Neither the name of the copyright holder nor the names of its contributors may be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE COPYRIGHT HOLDERS AND CONTRIBUTORS "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE COPYRIGHT HOLDER OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

목차

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

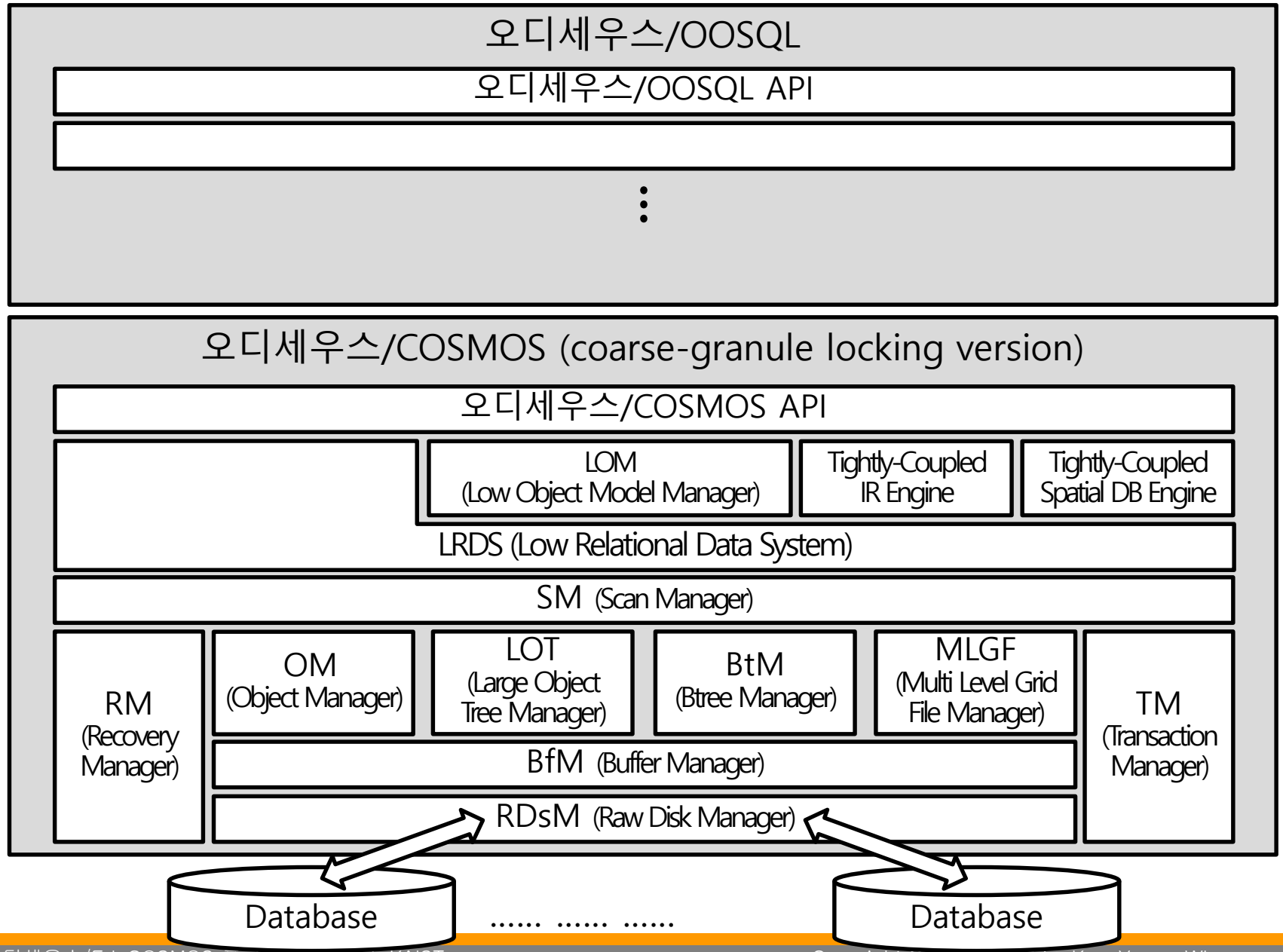
오디세우스/COSMOS

- 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

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 오디세우스 구조



Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

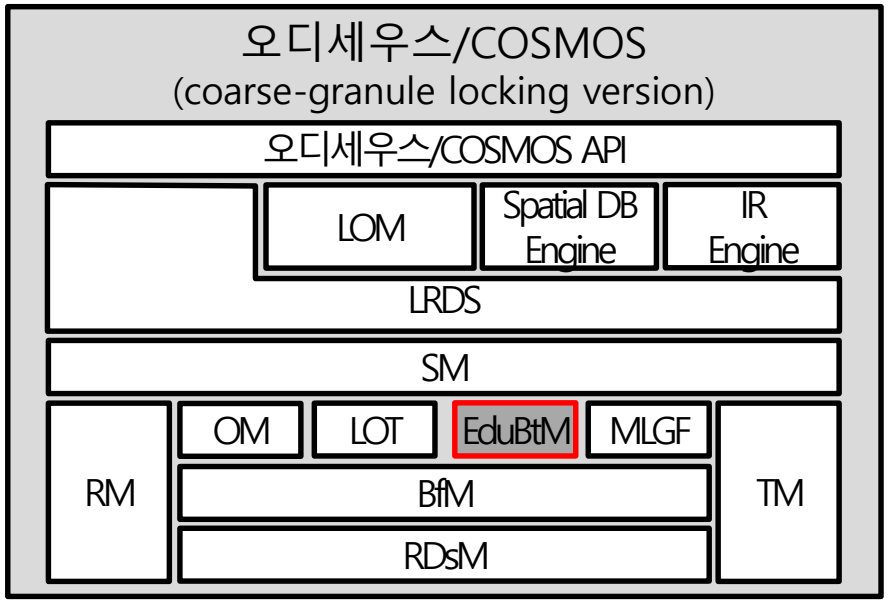
오디세우스/EduCOSMOS Project

- 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

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

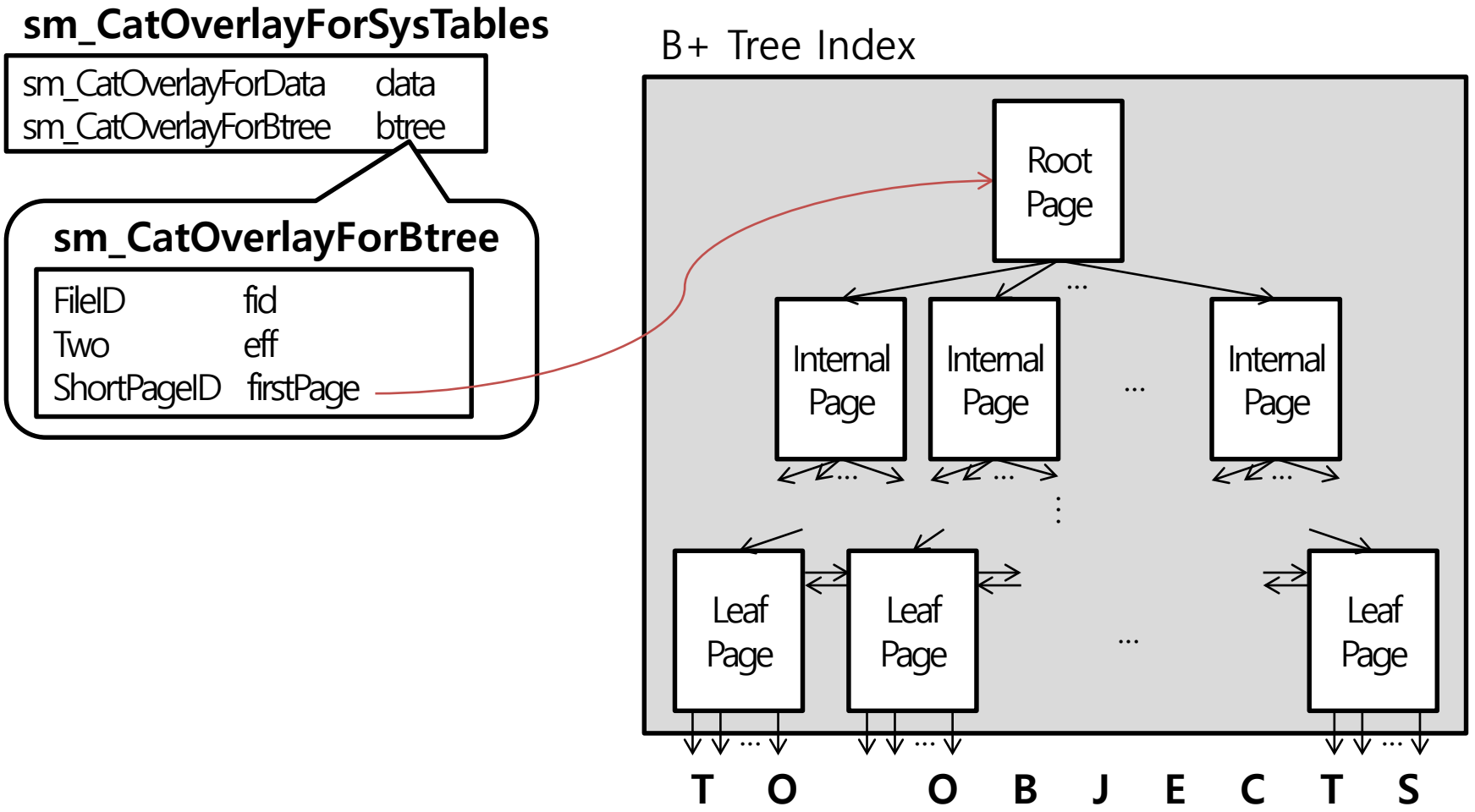
EduBtM Project

- 목표
  - B+ tree 색인 및 색인 page 관련 구조에 대한 연산들을 구현함
  - EduBtM에서는 오디세우스/COSMOS BtM의 기능들 중 극히 제한된 일부 기능들만을 구현함

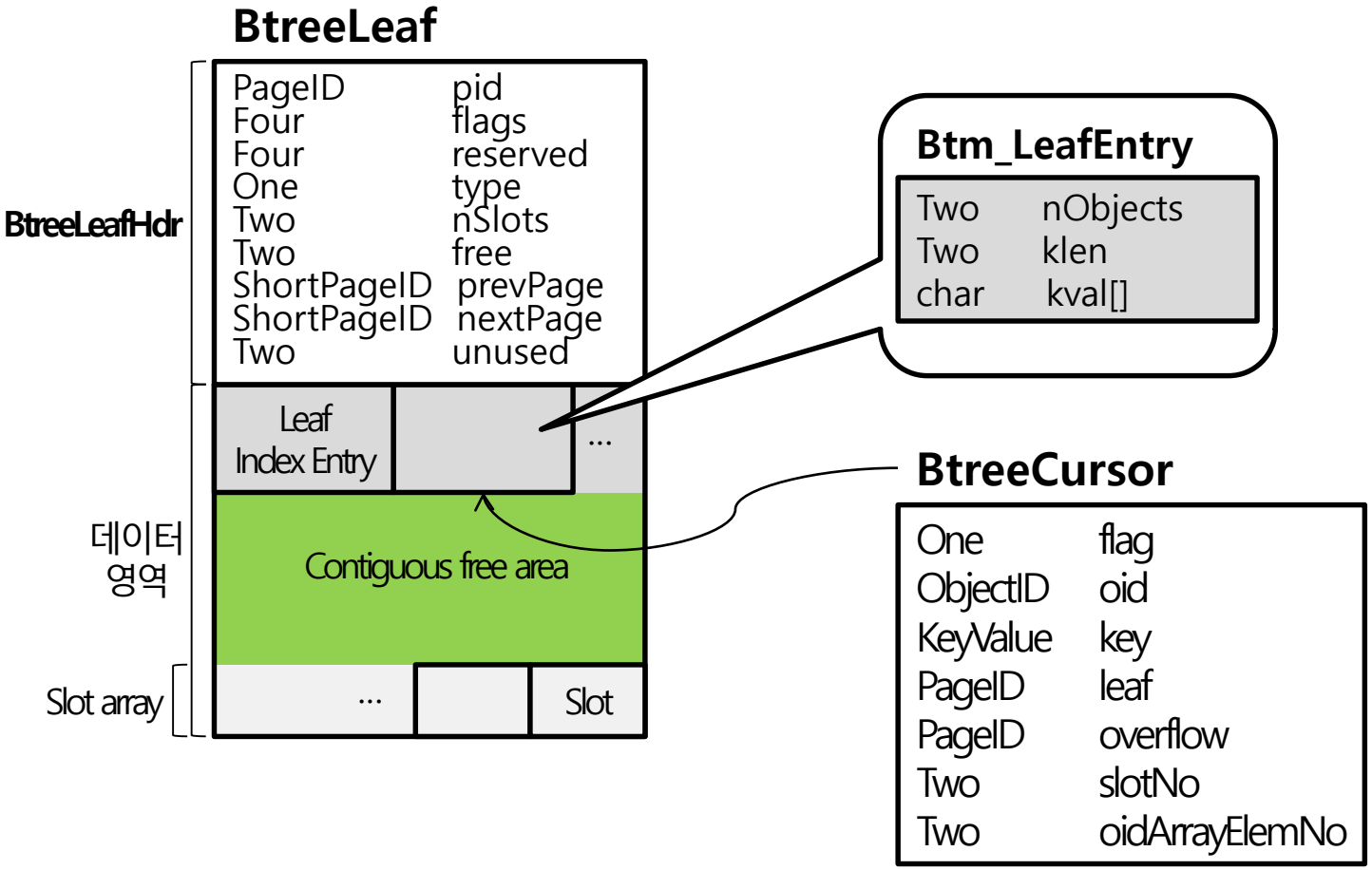


Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

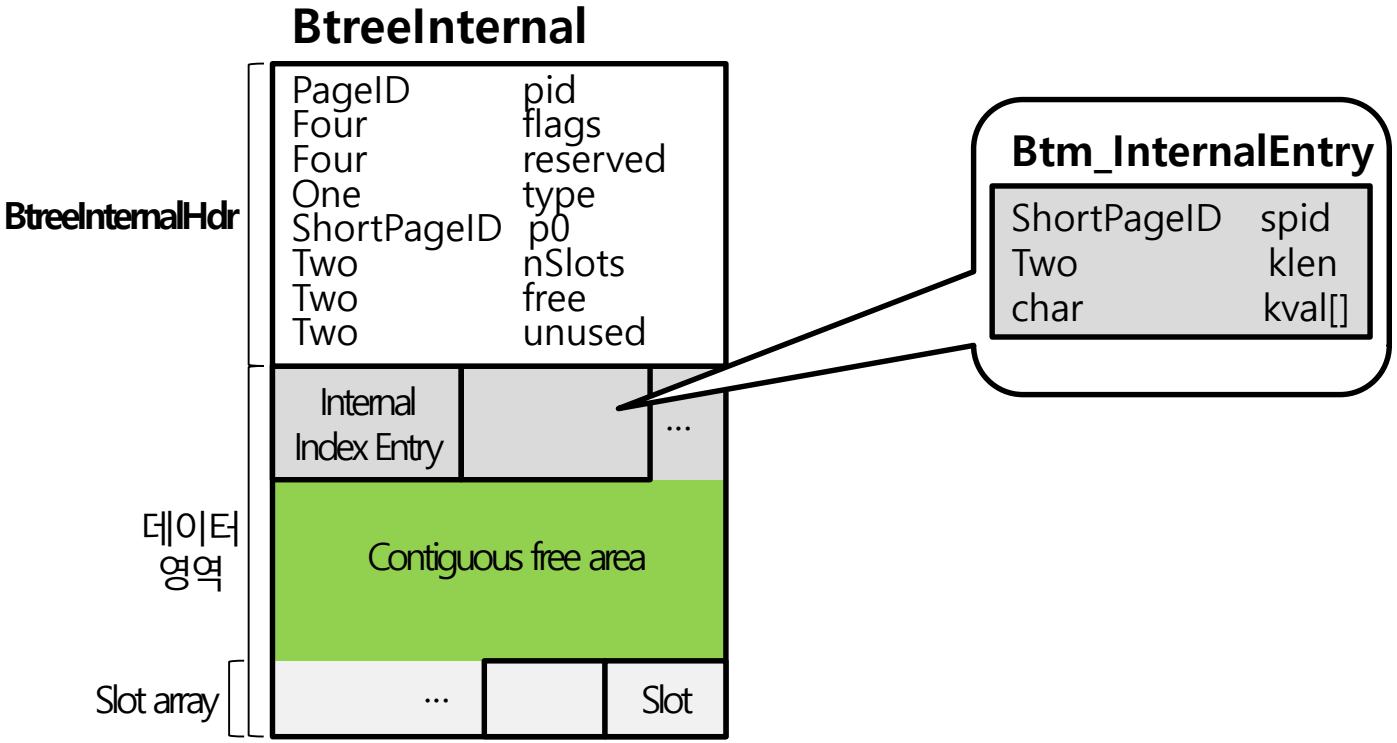
데이터 구조



Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang



Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang



 Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

sm_CatOverlayForSysTables

- 개요
  - 데이터 file 및 관련 색인 file에 대한 정보를 저장하기 위한 데이터 구조
    - 데이터 file: 서로 관련 있는 object들이 저장된 page들의 집합
    - 색인 file: 데이터 file에 생성된 B+ tree 색인들을 구성하는 page들의 집합

- 구성
  - data
    - 데이터 file에 대한 정보를 저장하기 위한 데이터 구조
      - EduOM project manual 참고
  - btree
    - 색인 file에 대한 정보를 저장하기 위한 데이터 구조

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

sm_CatOverlayForBtree

- 개요
  - 색인 file에 대한 정보를 저장하기 위한 데이터 구조
- 구성
  - fid
    - 색인 file의 ID
  - eff
    - 색인 file의 extent fill factor로서, EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)
  - firstPage
    - 색인 file을 구성하는 첫 번째 page의 번호
      - 최초 생성된 B+ tree 색인의 root page의 번호

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

BtreeLeaf

- 개요
  - B+ tree 색인의 leaf node를 나타내는 page 데이터 구조
- 구성
  - hdr
    - Page에 대한 정보를 저장하는 page header
  - data[]
    - Leaf index entry들을 저장하는 데이터 영역
      - Index entry로서 <object의 key, object ID> pair 및 관련 정보가 저장됨
      - 데이터 영역은 항상 50% 이상 채워져 있어야 함
        - » 예외: page가 root인 경우

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- slot[1]
  - Page의 데이터 영역에 저장된 index entry의 offset을 저장하는 slot들의 array
    - 첫 번째 slot (*slot*[0]) 을 제외한 나머지 slot들 (*slot*[-1] ~ *slot*[-*n*]) 은 메모리 공간을 데이터 영역과 공유함
      - » 첫 번째 slot의 array index = 0
      - » 다음 slot의 array index
        = 이전 slot의 array index – 1
      - » Slot 번호 = |slot의 array index|
    - 효율적인 검색을 위해 index entry의 offset들은 index entry의 key 순으로 정렬되어 slot들에 저장됨
      - » 첫 번째 slot: page 내에서 가장 작은 key 값을 갖는 index entry의 offset이 저장됨
      - » 마지막 slot: page 내에서 가장 큰 key 값을 갖는 index entry의 offset이 저장됨
      - » 데이터 영역상에서의 index entry들 자체의 정렬은 필요 없음

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

BtreeLeafHdr

- 개요
  - B+ tree 색인의 leaf page에 대한 정보를 저장하기 위한 데이터 구조
- 구성
  - pid
    - Page의 ID
  - flags
    - Page의 type을 나타내는 bit들의 집합
      - 첫 번째 bit 및 세 번째 bit가 모두 set 된 경우 (BTREE_PAGE_TYPE): B+ tree 색인 page임을 나타냄
      - 이외의 bit들은 EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)
  - reserved
    - Page에 대한 추가적인 정보를 저장하기 위한 예비 변수
  - type
    - B+ tree 색인 page의 type을 나타내는 bit들의 집합
      - 첫 번째 bit가 set 된 경우 (ROOT): root page임을 나타냄
      - 두 번째 bit가 set 된 경우 (INTERNAL): internal page임을 나타냄

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

    - 세 번째 bit가 set 된 경우 (LEAF): leaf page임을 나타냄
    - 두 번째 bit 및 네 번째 bit가 모두 set 된 경우 (FREEPAGE): deallocate 될 page임을 나타냄
    - 이외의 bit들은 EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)
- nSlots
  - Page의 slot array의 크기
    (= 사용중인 slot들 중 마지막 slot의 번호 + 1)
    - Index entry가 삽입/삭제 됨에 따라 slot array의 크기가 동적으로 변화함
- free
  - Page의 데이터 영역 중 contiguous free area의 시작 offset
    - Contiguous free area: 데이터 영역 상에서의 마지막 index entry 이후의 연속된 자유 영역. (※ 단, 마지막 index entry가 삭제되었을 때는 삭제된 index entry의 시작 offset 이후의 연속된 자유 영역이 contiguous free area가 됨.)
- prevPage / nextPage
  - 다음/이전 leaf page의 번호
    - B+ tree 색인의 leaf page들간의 doubly linked list 구조 유지를 위해 사용됨
- unused
  - Page의 데이터 영역 중 contiguous free area를 제외한 자유 영역들의 크기의 합 (단위: bytes)

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

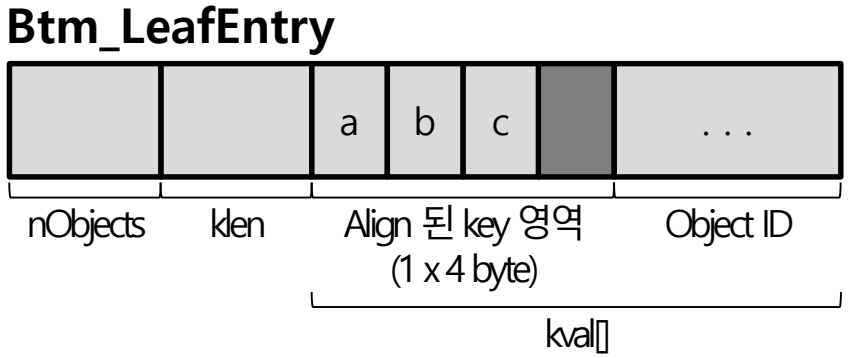
Btm_LeafEntry

- 개요
  - B+ tree 색인의 leaf page에 저장되는 leaf index entry를 나타내는 데이터 구조

- 구성
  - nObjects
    - Index entry에 저장된 같은 key 값을 갖는 object의 개수
      - 유일 key를 사용하는 EduBtM에서는 각 key 값 갖는 object는 한 개씩만 존재함
  - klen
    - Index entry에 저장된 key 값의 길이 (단위: bytes)
      - Align 된 key 영역의 크기가 아닌 key 값의 실제 길이

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

– kval[]
  - <object의 key, object ID> pair가 저장되는 데이터 영역
    – Ojbect의 key 값이 저장된 영역은 4의 배수 (32비트 운영체제에서의 메모리 할당 기본 단위) 가 되도록 align 됨
      » 예) 길이가 3인 key 값 “abc” 가 저장된 경우,



Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

BtreeInternal

- 개요
  - B+ tree 색인의 internal node를 나타내는 page 데이터 구조

- 구성
  - hdr
    - Page에 대한 정보를 저장하는 page header
  - data[]
    - Internal index entry들을 저장하는 데이터 영역
      - Index entry로서 <object의 key, 자식 page의 번호> pair 및 관련 정보가 저장됨
      - 데이터 영역은 항상 50% 이상 채워져 있어야 함
        - » 예외: page가 root인 경우

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- slot[1]
  - Page의 데이터 영역에 저장된 index entry의 offset을 저장하는 slot들의 array
    - 첫 번째 slot (*slot*[0]) 을 제외한 나머지 slot들 (*slot*[-1] ~ *slot*[-*n*]) 은 메모리 공간을 데이터 영역과 공유함
      - » 첫 번째 slot의 array index = 0
      - » 다음 slot의 array index
        = 이전 slot의 array index – 1
      - » Slot 번호 = |slot의 array index|
    - 효율적인 검색을 위해 index entry의 offset들은 index entry의 key 순으로 정렬되어 slot들에 저장됨
      - » 첫 번째 slot: page 내에서 가장 작은 key 값을 갖는 index entry의 offset이 저장됨
      - » 마지막 slot: page 내에서 가장 큰 key 값을 갖는 index entry의 offset이 저장됨
      - » 데이터 영역상에서의 index entry들 자체의 정렬은 필요 없음

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

BtreeInternalHdr

- 개요
  - B+ tree 색인의 internal page에 대한 정보를 저장하기 위한 데이터 구조
- 구성
  - pid
    - Page의 ID
  - flags
    - Page의 type을 나타내는 bit들의 집합
      - 첫 번째 bit 및 세 번째 bit가 모두 set 된 경우 (BTREE_PAGE_TYPE): B+ tree 색인 page임을 나타냄
      - 이외의 bit들은 EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)
  - reserved
    - Page에 대한 추가적인 정보를 저장하기 위한 예비 변수
  - type
    - B+ tree 색인 page의 type을 나타내는 bit들의 집합
      - 첫 번째 bit가 set 된 경우 (ROOT): root page임을 나타냄
      - 두 번째 bit가 set 된 경우 (INTERNAL): internal page임을 나타냄

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

  - 세 번째 bit가 set 된 경우 (LEAF): leaf page임을 나타냄
  - 두 번째 bit 및 네 번째 bit가 모두 set 된 경우 (FREEPAGE): deallocate 될 page임을 나타냄
  - 이외의 bit들은 EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)
- p0
  - Page의 첫 번째 index entry (slot 번호 = 0) 의 key 값보다 작은 key 값을 갖는 index entry들이 저장된 자식 page의 번호
- nSlots
  - Page의 slot array의 크기
    (= 사용중인 slot들 중 마지막 slot의 번호 + 1)
    - Page의 데이터 영역을 효율적으로 사용하기 위해, index entry가 삽입/삭제 됨에 따라 slot array의 크기가 동적으로 변화함
- free
  - Page의 데이터 영역 중 contiguous free area의 시작 offset
- unused
  - Page의 데이터 영역 중 contiguous free area를 제외한 자유 영역들의 크기의 합 (단위: bytes)

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

Btm_InternalEntry

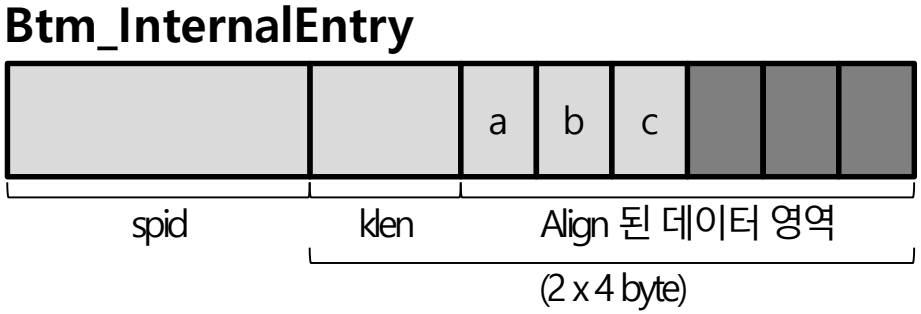
- 개요
  - B+ tree 색인의 internal page에 저장되는 internal index entry를 나타내는 데이터 구조

- 구성
  - spid
    - 현재 index entry의 key 값보다 크거나 같고 다음 index entry의 key 값보다 작은 key 값을 갖는 index entry들이 저장된 자식 page의 번호
  - klen
    - Index entry에 저장된 key 값의 길이 (단위: bytes)
      - Align 된 데이터 영역의 크기가 아닌 key 값의 실제 길이

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

– kval[]

- Discriminator key가 저장되는 데이터 영역
  - Discriminator key 값과 *klen*이 저장된 영역은 4 (32비트 운영체제에서의 메모리 할당 기본 단위) 의 배수가 되도록 align 됨
    - » 예) 길이가 3인 key 값 "abc" 가 저장된 경우,



 Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

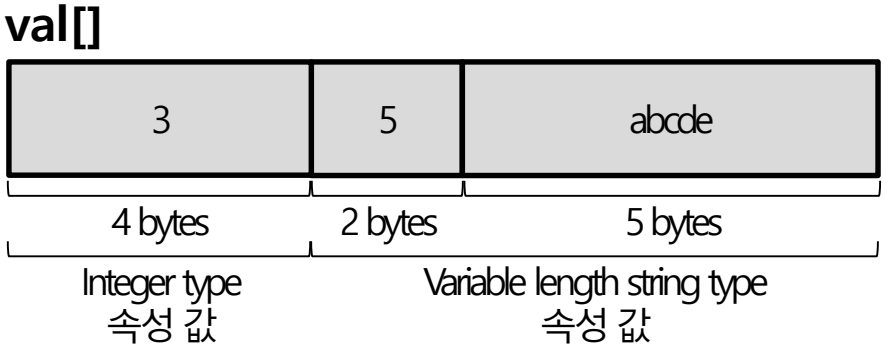
KeyValue

- 개요
  - B+ tree 색인에서 사용되는 key 값 및 관련 정보를 저장하기 위한 데이터 구조
  - 다중 속성 key 및 variable length key를 저장 가능함
    - 다중 속성 key: 두 개 이상의 속성들로 구성된 key

- 구성
  - len
    - Key 값의 길이
  - val[]
    - Key를 구성하는 속성 값들의 sequence
      - Sequence 상에서 각 속성 값을 서로 구분하기 위한 정보는 KeyDesc 데이터 구조에 저장됨

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

– 속성 값이 variable length string type인 경우, 속성 값이 그 길이와 함께 저장됨
  » 예) 3 (integer type의 속성 값) 과 "abcde" (variable length string type의 속성 값) 로 구성된 key 값



Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

KeyDesc

- 개요
  - Key를 구성하는 속성 값들의 sequence에서 각 속성 값을 서로 구분하기 위한 정보를 저장하기 위한 데이터 구조

- 구성
  - flag
    - Key의 type을 나타내는 bit들의 집합
      - 첫 번째 bit가 set 된 경우 (KEYFLAG_UNIQUE): 유일 key임을 나타냄
      - 이외의 bit들은 EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)
  - nparts
    - Key를 구성하는 속성 값들의 수

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- kpart[]
  - Key의 각 속성에 대한 정보를 저장하는 array 데이터 구조
    - type
      - » 속성의 type
        - Integer type인 경우, type := SM_INT
        - Variable length string type인 경우, type := SM_VARSTRING
        - 이외의 type들은 EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)
    - offset
      - » *KeyValue*의 *val*[] array에 저장된 속성 값의 offset으로서, EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)
    - length
      - » 속성 값의 길이
      - » Variable length string type의 속성 값의 경우 사용하지 않음

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

BtreeCursor

- 개요
  - B+ tree 색인의 leaf index entry를 가리키는 cursor를 나타내는 데이터 구조
  - 검색 조건을 만족하는 object들에 대한 순차 탐색시 현재 탐색중인 leaf index entry 정보 및 다음 탐색할 leaf index entry 정보를 저장하기 위해 사용됨

- 구성
  - flag
    - Cursor의 상태를 나타내는 변수
      - CURSOR_ON: cursor가 검색 조건을 만족하는 leaf index entry를 가리키고 있음을 나타냄
      - CURSOR_EOS: 검색 조건을 만족하는 leaf index entry가 없음을 나타냄 (탐색 종료를 의미함)
  - oid
    - Cursor가 가리키는 leaf index entry에 저장된 object ID (OID)

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- key
  - Cursor가 가리키는 leaf index entry의 key 값
- leaf
  - Cursor가 가리키는 leaf index entry가 저장된 leaf page의 page ID
- overflow
  - 중복 key 사용시 동일 key 값을 갖는 object들의 ID (OID) 들이 저장된 page의 page ID로서, 유일 key만을 사용하는 EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)
- slotNo
  - Cursor가 가리키는 leaf index entry의 slot 번호
- oidArrayElmNo
  - 중복 key 사용시 동일 key 값을 갖는 object들의 ID (OID) 들이 저장된 array의 index로서, 유일 key만을 사용하는 EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

관련 연산

- B+ tree 색인을 생성 / 삭제
- B+ tree 색인에 새로운 object를 삽입
  - 삽입으로 인한 overflow 발생시 split 연산을 고려함
- B+ tree 색인에서 object를 삭제
  - 삭제 연산의 구현은 필수가 아닌 선택임
    - Extra credit가 주어짐
  - 삭제로 인한 underflow 발생시 merge/redistribute 연산을 제공되는 function들을 통해 처리함
- B+ tree 색인에서 object를 검색

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

구현할 API Function 들

- EduBtM_CreateIndex()
- EduBtM_DropIndex()
- EduBtM_InsertObject()
- EduBtM_DeleteObject()
- EduBtM_Fetch()
- EduBtM_FetchNext()

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

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

EduBtM_CreateIndex()

- 파일: EduBtM_CreateIndex.c

- 설명
  - 색인 file에서 새로운 B+ tree 색인을 생성하고, 생성된 색인의 root page의 page ID를 반환함
    - btm_AllocPage()를 호출하여 색인 file의 첫 번째 page를 할당 받음
      - 첫 번째 page 의 번호는 *sm_CatOverlayForBtree*의 *firstPage* 변수에 저장되어 있음
    - 할당 받은 page를 root page로 초기화함
    - 초기화된 root page의 page ID를 반환함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - ObjectID *catObjForFile
    (IN) B+ tree 색인을 생성할 색인 file 및 색인될 데이터 file에 대한 정보 (sm_CatOverlayForSysTables) 가 저장된 object의 OID
  - PageID *rootPid
    (OUT) 생성된 B+ tree 색인의 root page의 page ID

- 반환값
  - Four 에러코드

- 관련 함수
  edubtm_InitLeaf(), btm_AllocPage(), BfM_GetTrain(), BfM_FreeTrain()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

EduBtM_DropIndex()

- 파일: EduBtM_DropIndex.c

- 설명
  - 색인 file에서 B+ tree 색인을 삭제함
    - B+ tree 색인의 root page 및 모든 자식 page들을 각각 deallocate 함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - PhysicalFileID *pFid
    (IN) B+ tree 색인을 삭제할 색인 file의 file ID (= B+ tree 색인 file의 첫 번째 page의 page ID)
  - PageID *rootPid
    (IN) 삭제할 B+ tree 색인의 root page의 page ID
  - Pool *dlPool
    (INOUT) 새로운 dealloc list element를 할당 받기 위한 pool
  - DeallocListElem *dlHead
    (INOUT) dealloc list의 첫 번째 element를 가리키고 있는 header

- 반환값
  - Four 에러코드

- 관련 함수
  edubtm_FreePages()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

EduBtM_InsertObject()

- 파일: EduBtM_InsertObject.c

- 설명
  - B+ tree 색인에 새로운 object를 삽입함
    - edubtm_Insert()를 호출하여 새로운 object에 대한 <object의 key, object ID> pair를 B+ tree 색인에 삽입함
    - Root page에서 split이 발생하여 새로운 root page 생성이 필요한 경우, edubtm_root_insert()를 호출하여 이를 처리함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - ObjectID *catObjForFile
    (IN) B+ tree 색인 file 및 색인된 데이터 file에 대한 정보 (sm_CatOverlayForSysTables) 가 저장된 object의 OID
  - PageID *root
    (IN) B+ tree 색인의 root page의 page ID
  - KeyDesc *kdesc
    (IN) key의 각 속성 값을 서로 구분하기 위한 정보
  - KeyValue *kval
    (IN) 삽입할 object의 key 값
  - ObjectID *oid
    (IN) 삽입할 ojbect의 OID
  - Pool *dlPool
    (INOUT) 새로운 dealloc list element를 할당 받기 위한 pool로서, EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)
  - DeallocListElem *dlHead
    (INOUT) dealloc list의 첫 번째 element를 가리키고 있는 header로서, EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)

- 반환값
  - Four 에러코드

- 관련 함수
  edubtm_Insert(), edubtm_root_insert(), BfM_GetTrain(), BfM_FreeTrain()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

EduBtM_DeleteObject()

- 파일: EduBtM_DeleteObject.c

- 설명
  - B+ tree 색인에서 object를 삭제함
    - edubtm_Delete()를 호출하여 삭제할 object에 대한 <object의 key, object ID> pair를 B+ tree 색인에서 삭제함
    - Root page에서 underflow가 발생한 경우, btm_root_delete()를 호출하여 이를 처리함
      - btm_root_delete()는 underflow가 발생한 root page가 비어있는지를 확인하여 비어있는 경우 root page를 삭제함
    - Root page에서 split이 발생한 경우, edubtm_root_insert()를 호출하여 이를 처리함
      - Redistribute 과정 중에 root page의 index entry가 length가 더 긴 index entry로 교체되었을 수 있으므로, root page에서 split이 발생할 수 있음

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - ObjectID *catObjForFile
    (IN) B+ tree 색인 file 및 색인된 데이터 file에 대한 정보 (sm_CatOverlayForSysTables) 가 저장된 object의 OID
  - PageID *root
    (IN) B+ tree 색인의 root page의 page ID
  - KeyDesc *kdesc
    (IN) key의 각 속성 값을 서로 구분하기 위한 정보
  - KeyValue *kval
    (IN) 삭제할 object의 key 값
  - ObjectID *oid
    (IN) 삭제할 ojbect의 OID
  - Pool *dlPool
    (INOUT) 새로운 dealloc list element를 할당 받기 위한 pool
  - DeallocListElem *dlHead
    (INOUT) dealloc list의 첫 번째 element를 가리키고 있는 header

- 반환값
  - Four 에러코드

- 관련 함수
  edubtm_root_insert(), edubtm_Delete(), btm_root_delete(), BfM_GetTrain(), BfM_FreeTrain()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

EduBtM_Fetch()

- 파일: EduBtM_Fetch.c

- 설명
  - B+ tree 색인에서 검색 조건을 만족하는 첫 번째 object를 검색하고, 검색된 object를 가리키는 cursor를 반환함
    - 파라미터로 주어진 *startCompOp*가 SM_BOF일 경우,
      - B+ tree 색인의 첫 번째 object (가장 작은 key 값을 갖는 leaf index entry) 를 검색함
    - 파라미터로 주어진 *startCompOp*가 SM_EOF일 경우,
      - B+ tree 색인의 마지막 object (가장 큰 key 값을 갖는 leaf index entry) 를 검색함
    - 이외의 경우,
      - edubtm_Fetch()를 호출하여 B+ tree 색인에서 검색 조건을 만족하는 첫 번째 <object의 key, object ID> pair가 저장된 leaf index entry를 검색함
    - 검색된 leaf index entry를 가리키는 cursor를 반환함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - PageID *root
    (IN) B+ tree 색인의 root page의 page ID
  - KeyDesc *kdesc
    (IN) key의 각 속성 값을 서로 구분하기 위한 정보
  - KeyValue *startKval
    (IN) 검색 시작 key 값
  - Four startCompOp
    (IN) 검색 시작 key 값에 대한 비교 연산자
  - KeyValue *stopKval
    (IN) 검색 종료 key 값
  - Four stopCompOp
    (IN) 검색 종료 key 값에 대한 비교 연산자
  - BtreeCursor *cursor
    (OUT) 검색 조건을 만족하는 첫 번째 object에 대응하는 leaf index entry를 가리키는 cursor

- 반환값
  - Four 에러코드

- 관련 함수
  edubtm_Fetch(), edubtm_FirstObject(), edubtm_LastObject()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

EduBtM_FetchNext()

- 파일: EduBtM_FetchNext.c

- 설명
  - B+ tree 색인에서 검색 조건 (검색 시작 key 값을 고려하지 않고, 검색 종료 key 값만 고려함) 을 만족하는 현재 object의 다음 object를 검색하고, 검색된 object를 가리키는 cursor를 반환함
    - edubtm_FetchNext()를 호출하여 B+ tree 색인에서 검색 조건을 만족하는 현재 leaf index entry의 다음 leaf index entry를 검색함
    - 검색된 leaf index entry를 가리키는 cursor를 반환함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - PageID *root
    (IN) B+ tree 색인의 root page의 page ID
  - KeyDesc *kdesc
    (IN) key의 각 속성 값을 서로 구분하기 위한 정보
  - KeyValue *kval
    (IN) 검색 종료 key 값
  - Four compOp
    (IN) 검색 종료 key 값에 대한 비교 연산자
  - BtreeCursor *current
    (IN) 현재 object에 대응하는 leaf index entry를 가리키는 cursor
  - BtreeCursor *next
    (OUT) 검색 조건을 만족하는 다음 object에 대응하는 leaf index entry를 가리키는 cursor

- 반환값
  - Four 에러코드

- 관련 함수
  edubtm_FetchNext(), edubtm_KeyCompare(), BfM_GetTrain(), BfM_FreeTrain()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

구현할 Internal Function 들

- edubtm_InitLeaf()
- edubtm_InitInternal()
- edubtm_FreePages()
- edubtm_Insert()
- edubtm_InsertLeaf()
- edubtm_InsertInternal()
- edubtm_SplitLeaf()
- edubtm_SplitInternal()
- edubtm_root_insert()
- edubtm_Delete()
- edubtm_DeleteLeaf()
- edubtm_CompactLeafPage()
- edubtm_CompactInternalPage()
- edubtm_Fetch()
- edubtm_FetchNext()
- edubtm_FirstObject()
- edubtm_LastObject()
- edubtm_BinarySearchLeaf()
- edubtm_BinarySearchInternal()
- edubtm_KeyCompare()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_InitLeaf()

- 파일: edubtm_InitPage.c
- 설명
  - Page를 B+ tree 색인의 leaf page로 초기화함
    - Page header를 leaf page로 초기화함
      - pid := 파라미터로 주어진 page ID
      - flags
        - » Page가 B+ tree 색인 page임을 나타내는 bit를 set 함
      - Type
        - » Page가 leaf page임을 나타내는 bit를 set 함
        - » 파라미터로 주어진 *root*가 TRUE인 경우, page가 root page임을 나타내는 bit를 set 함
      - nSlots := 0
      - free := 0
      - prevPage := NIL
      - nextPage := NIL
      - unused := 0

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - PageID *leaf
    (IN) 초기화할 page의 page ID
  - Boolean root
    (IN) 초기화할 page가 root page임을 나타내는 flag
  - Boolean isTmp
    (IN) 초기화할 page가 temporary page임을 나타내는 flag로서, EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)

- 반환값
  - Four 에러코드

- 관련 함수
  BfM_GetNewTrain(), BfM_FreeTrain(), BfM_SetDirty()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_InitInternal()

- 파일: edubtm_InitPage.c

- 설명
  - Page를 B+ tree 색인의 internal page로 초기화함
    - Page header를 internal page로 초기화함
      - *pid* := 파라미터로 주어진 page ID
      - *flags*
        - » Page가 B+ tree 색인 page임을 나타내는 bit를 set 함
      - *type*
        - » Page가 internal page임을 나타내는 bit를 set 함
        - » 파라미터로 주어진 *root*가 TRUE인 경우, page가 root page임을 나타내는 bit를 set 함
      - *p0* := NIL
      - *nSlots* := 0
      - *free* := 0
      - *unused* := 0

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - PageID *internal
    (IN) 초기화할 page의 page ID
  - Boolean root
    (IN) 초기화할 page가 root page임을 나타내는 flag
  - Boolean isTmp
    (IN) 초기화할 page가 temporary page임을 나타내는 flag로서, EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)

- 반환값
  - Four 에러코드

- 관련 함수
  BfM_GetNewTrain(), BfM_FreeTrain(), BfM_SetDirty()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_FreePages()

- 파일: edubtm_FreePages.c

- 설명
  - B+ tree 색인 page를 deallocate 함
    - 파라미터로 주어진 page의 모든 자식 page들에 대해 재귀적으로 edubtm_FreePages()를 호출하여 해당 page들을 deallocate 함
    - 파라미터로 주어진 page를 deallocate 함
      - Page header의 *type*에서 해당 page가 deallocate 될 page임을 나타내는 bit를 set 및 나머지 bit들을 unset 함
      - 해당 page를 deallocate 함
        - » 파라미터로 주어진 *dlPool*에서 새로운 dealloc list element 한 개를 할당 받음
          - Dealloc list: deallocate 할 page들의 linked list
        - » 할당 받은 element에 deallocate 할 page 정보를 저장함
        - » Deallocate 할 page 정보가 저장된 element를 dealloc list의 첫 번째 element로 삽입함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - PhysicalFileID *pFid
    (IN) deallocate 할 page가 속한 색인 file의 file ID (= 색인 file의 첫 번째 page의 page ID)
  - PageID *curPid
    (IN) deallocate 할 page의 page ID
  - Pool *dlPool
    (INOUT) 새로운 dealloc list element를 할당 받기 위한 pool
  - DeallocListElem *dlHead
    (INOUT) dealloc list의 첫 번째 element를 가리키고 있는 header

- 반환값
  - Four 에러코드

- 관련 함수
  BfM_GetNewTrain(), BfM_FreeTrain(), BfM_SetDirty(), Util_getElementFromPool()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_Insert()

- 파일: edubtm_Insert.c

- 설명
  - 파라미터로 주어진 page를 root page로 하는 B+ tree 색인에 새로운 object에 대한 <object의 key, object ID> pair를 삽입하고, root page에서 split이 발생한 경우, split으로 생성된 새로운 page를 가리키는 internal index entry를 반환함
    - 파라미터로 주어진 root page가 internal page인 경우,
      - 새로운 <object의 key, object ID> pair를 삽입할 leaf page를 찾기 위해 다음으로 방문할 자식 page를 결정함
      - 결정된 자식 page를 root page로 하는 B+ subtree에 새로운 <object의 key, object ID> pair를 삽입하기 위해 재귀적으로 edubtm_Insert()를 호출함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

  - 결정된 자식 page에서 split이 발생한 경우, 해당 split으로 생성된 새로운 page를 가리키는 internal index entry를 파라미터로 주어진 root page에 삽입함
    - » 해당 index entry의 삽입 위치 (slot 번호) 를 결정함
      - Slot array에 저장된 index entry의 offset들이 index entry의 key 순으로 정렬되어야 함
    - » edubtm_InsertInternal()을 호출하여 결정된 slot 번호로 index entry를 삽입함
  - 파라미터로 주어진 root page에서 split이 발생한 경우, 해당 split으로 생성된 새로운 page를 가리키는 internal index entry를 반환함
- 파라미터로 주어진 root page가 leaf page인 경우,
  - edubtm_InsertLeaf()를 호출하여 해당 page에 새로운 <object의 key, object ID> pair를 삽입함
  - Split이 발생한 경우, 해당 split으로 생성된 새로운 page를 가리키는 internal index entry를 반환함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - ObjectID *catObjForFile
    (IN) B+ tree 색인 file 및 색인된 데이터 file에 대한 정보 (sm_CatOverlayForSysTables) 가 저장된 object의 OID
  - PageID *root
    (IN) B+ tree 색인의 root page의 page ID (edubtm_Insert()는 재귀적으로 call되므로, 이 page의 type은 root page가 아닐 수 있음)
  - KeyDesc *kdesc
    (IN) key의 각 속성 값을 서로 구분하기 위한 정보
  - KeyValue *kval
    (IN) 삽입할 object의 key 값
  - ObjectID *oid
    (IN) 삽입할 ojbect의 OID
  - Boolean *f
    (OUT) root page가 merge 되었음을 나타내는 flag로서, EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)
  - Boolean *h
    (OUT) root page가 split 되었음을 나타내는 flag
  - InternalItem *item
    (OUT) root page split으로 생성된 새로운 page를 가리키는 internal index entry
  - Pool *dlPool
    (INOUT) 새로운 dealloc list element를 할당 받기 위한 pool로서, EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)
  - DeallocListElem *dlHead
    (INOUT) dealloc list의 첫 번째 element를 가리키고 있는 header로서, EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)

- 반환값
  - Four 에러코드

- 관련 함수
  edubtm_InsertLeaf(), edubtm_InsertInternal(), edubtm_BinarySearchInternal(), BfM_GetTrain(), BfM_FreeTrain(), BfM_SetDirty()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_InsertLeaf()

- 파일: edubtm_Insert.c
- 설명
  - Leaf page에 새로운 index entry를 삽입하고, split이 발생한 경우, split으로 생성된 새로운 leaf page를 가리키는 internal index entry를 반환함
    - 새로운 index entry의 삽입 위치 (slot 번호) 를 결정함
      - Slot array에 저장된 index entry의 offset들이 index entry의 key 순으로 정렬되어야 함
      - 새로운 index entry의 key 값과 동일한 key 값을 갖는 index entry가 존재하는 경우 eDUPLICATEDKEY_BTM error 를 반환함
    - 새로운 index entry 삽입을 위해 필요한 자유 영역의 크기를 계산함
      - Align 된 key 영역을 고려한 새로운 index entry의 크기 + slot의 크기
    - Page에 여유 영역이 있는 경우,
      - 필요시 page를 compact 함
      - 결정된 slot 번호로 새로운 index entry를 삽입함
        - » Page의 contiguous free area에 새로운 index entry를 복사함
        - » 결정된 slot 번호를 갖는 slot을 사용하기 위해 slot array를 재배열함
        - » 결정된 slot 번호를 갖는 slot에 새로운 index entry의 offset을 저장함
        - » Page의 header를 갱신함
    - Page에 여유 영역이 없는 경우 (page overflow),
      - edubtm_SplitLeaf()를 호출하여 page를 split 함
      - Split으로 생성된 새로운 leaf page를 가리키는 internal index entry를 반환함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - ObjectID *catObjForFile
    (IN) B+ tree 색인 file 및 색인된 데이터 file에 대한 정보 (sm_CatOverlayForSysTables) 가 저장된 object의 OID
  - PageID *pid
    (IN) index entry를 삽입할 leaf page의 page ID
  - BtreeLeaf *page
    (INOUT) index entry를 삽입할 leaf page가 저장된 buffer element에 대한 포인터
  - KeyDesc *kdesc
    (IN) key의 각 속성 값을 서로 구분하기 위한 정보
  - KeyValue *kval
    (IN) 삽입할 index entry의 key 값
  - ObjectID *oid
    (IN) 삽입할 index entry에 저장된 object ID (OID)
  - Boolean *f
    (OUT) page가 merge 되었음을 나타내는 flag로서, EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)
  - Boolean *h
    (OUT) page가 split 되었음을 나타내는 flag
  - InternalItem *item
    (OUT) page split으로 생성된 새로운 leaf page를 가리키는 internal index entry
- 반환값
  - Four 에러코드
- 관련 함수
  edubtm_SplitLeaf(), edubtm_CompactLeafPage(), edubtm_BinarySearchLeaf()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_InsertInternal()

- 파일: edubtm_Insert.c
- 설명
  - Internal page에 새로운 index entry를 삽입하고, split이 발생한 경우, split으로 생성된 새로운 internal page를 가리키는 internal index entry를 반환함
    - 새로운 index entry 삽입을 위해 필요한 자유 영역의 크기를 계산함
      - Align 된 key 영역을 고려한 새로운 index entry의 크기 + slot의 크기
    - Page에 여유 영역이 있는 경우,
      - 필요시 page를 compact 함
      - 파라미터로 주어진 slot 번호의 다음 slot 번호로 새로운 index entry를 삽입함
        - » Page의 contiguous free area에 새로운 index entry를 복사함
        - » 결정된 slot 번호를 갖는 slot을 사용하기 위해 slot array를 재배열함
        - » 결정된 slot 번호를 갖는 slot에 새로운 index entry의 offset을 저장함
        - » Page의 header를 갱신함
    - Page에 여유 영역이 없는 경우 (page overflow),
      - edubtm_SplitInternal()을 호출하여 page를 split 함
      - Split으로 생성된 새로운 internal page를 가리키는 internal index entry를 반환함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - ObjectID *catObjForFile
    (IN) B+ tree 색인 file 및 색인된 데이터 file에 대한 정보 (sm_CatOverlayForSysTables) 가 저장된 object의 OID
  - BtreeInternal *page
    (INOUT) index entry를 삽입할 internal page가 저장된 buffer element에 대한 포인터
  - InternalItem *item
    (IN) 삽입할 index entry (align 되지 않음)
  - Two high
    (IN) 삽입할 index entry의 key 값보다 작은 key 값을 갖는 index entry들 중 가장 큰 key 값을 갖는 index entry의 slot 번호
  - Boolean *h
    (OUT) page가 split 되었음을 나타내는 flag
  - InternalItem *ritem
    (OUT) page split으로 생성된 새로운 internal page를 가리키는 internal index entry

- 반환값
  - Four 에러코드

- 관련 함수
  edubtm_SplitInternal(), edubtm_CompactInternalPage()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_SplitLeaf()

- 파일: edubtm_Split.c

- 설명
  - Overflow가 발생한 leaf page를 split 하여 파라미터로 주어진 index entry를 삽입하고, split으로 생성된 새로운 leaf page를 가리키는 internal index entry를 반환함
    - 새로운 page를 할당 받음
    - 할당 받은 page를 leaf page로 초기화함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 기존 index entry들 및 삽입할 index entry를 key 순으로 정렬하여 overflow가 발생한 page 및 할당 받은 page에 나누어 저장함
  - 먼저, overflow가 발생한 page에 데이터 영역을 50% 이상 채우는 수의 index entry들을 저장함
  - 나머지 index entry들을 할당 받은 page에 저장함
  - 각 page의 header를 갱신함
- 할당 받은 page를 leaf page들간의 doubly linked list에 추가함
  - 할당 받은 page가 overflow가 발생한 page의 다음 page가 되도록 추가함
- 할당 받은 page를 가리키는 internal index entry를 생성함
  - Discriminator key 값 := 할당 받은 page의 첫 번째 index entry (slot 번호 = 0) 의 key 값
    - » B+ tree 색인에서는 internal index entry의 key 값 (discriminator key 값) 이 leaf index entry의 key 값과 중복될 수 있음
  - 자식 page의 번호 := 할당 받은 page의 번호
- 생성된 index entry를 반환함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - ObjectID *catObjForFile
    (IN) B+ tree 색인 file 및 색인된 데이터 file에 대한 정보 (sm_CatOverlayForSysTables) 가 저장된 object의 OID
  - PageID *root
    (IN) overflow가 발생한 page의 page ID
  - BtreeLeaf *fpage
    (INOUT) overflow가 발생한 page가 저장된 buffer element에 대한 포인터
  - Two high
    (IN) 삽입할 index entry의 key 값보다 작은 key 값을 갖는 index entry들 중 가장 큰 key 값을 갖는 index entry의 slot 번호
  - LeafItem *item
    (IN) 삽입할 index entry (align 되지 않음)
  - InternalItem *ritem
    (OUT) page split으로 생성된 새로운 leaf page를 가리키는 internal index entry

- 반환값
  - Four 에러코드

- 관련 함수
  edubtm_InitLeaf(), edubtm_CompactLeafPage(), btm_AllocPage(), BfM_GetTrain(), BfM_GetNewTrain(), BfM_FreeTrain(), BfM_SetDirty()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_SplitInternal()

- 파일: edubtm_Split.c

- 설명
  - Overflow가 발생한 internal page를 split 하여 파라미터로 주어진 index entry를 삽입하고, split으로 생성된 새로운 internal page를 가리키는 internal index entry를 반환함
    - 새로운 page를 할당 받음
    - 할당 받은 page를 internal page로 초기화함
    - 기존 index entry들 및 삽입할 index entry를 key 순으로 정렬하여 overflow가 발생한 page 및 할당 받은 page에 나누어 저장함
      - 먼저, overflow가 발생한 page에 데이터 영역을 50% 이상 채우는 수의 index entry들을 저장함
      - 할당 받은 page의 header의 p0 변수에 아직 저장되지 않은 index entry 중 첫 번째 index entry (1st entry) 가 가리키는 자식 page의 번호를 저장함
      - 1st entry는 할당 받은 page를 가리키는 internal index entry로 설정하여 반환함
        - » 자식 page의 번호 := 할당 받은 page의 번호
      - 나머지 index entry들을 할당 받은 page에 저장함
      - 각 page의 header를 갱신함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - ObjectID *catObjForFile
    (IN) B+ tree 색인 file 및 색인된 데이터 file에 대한 정보 (sm_CatOverlayForSysTables) 가 저장된 object의 OID
  - BtreeLeaf *fpage
    (INOUT) overflow가 발생한 page가 저장된 buffer element에 대한 포인터
  - Two high
    (IN) 삽입할 index entry의 key 값보다 작은 key 값을 갖는 index entry들 중 가장 큰 key 값을 갖는 index entry의 slot 번호
  - LeafItem *item
    (IN) 삽입할 index entry (align 되지 않음)
  - InternalItem *ritem
    (OUT) page split으로 생성된 새로운 internal page를 가리키는 internal index entry

- 반환값
  - Four 에러코드

- 관련 함수
  edubtm_InitInternal(), edubtm_CompactInternalPage(), btm_AllocPage(), BfM_GetNewTrain(), BfM_FreeTrain(), BfM_SetDirty()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_root_insert()

- 파일: edubtm_root.c

- 설명
  - Root page가 split 된 B+ tree 색인을 위한 새로운 root page를 생성함
    - 새로운 page를 할당 받음
    - 기존 root page를 할당 받은 page로 복사함
    - 기존 root page를 새로운 root page로서 초기화함
      - B+ tree 색인의 root page의 page ID를 일관되게 유지하기 위함
    - 할당 받은 page와 root page split으로 생성된 page가 새로운 root page의 자식 page들이 되도록 설정함
      - Split으로 생성된 page를 가리키는 internal index entry를 새로운 root page에 삽입함
      - 새로운 root page의 header의 p0 변수에 할당 받은 page의 번호를 저장함
      - 새로운 root page의 두 자식 page들이 leaf인 경우, 두 자식 page들간의 doubly linked list를 설정함
        - » Split으로 생성된 page가 할당 받은 page의 다음 page가 되도록 설정함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - ObjectID *catObjForFile
    (IN) B+ tree 색인 file 및 색인된 데이터 file에 대한 정보 (sm_CatOverlayForSysTables) 가 저장된 object의 OID
  - PageID *root
    (IN) split 된 root page의 page ID
  - InternalItem *ritem
    (IN) root page split으로 생성된 새로운 page를 가리키는 internal index entry

- 반환값
  - Four 에러코드

- 관련 함수
  edubtm_InitInternal(), btm_AllocPage(), BfM_GetTrain(), BfM_GetNewTrain(), BfM_FreeTrain(), BfM_SetDirty()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_Delete()

- 파일: edubtm_Delete.c
- 설명
  - 파라미터로 주어진 page를 root page로 하는 B+ tree 색인에서 <object의 key, object ID> pair를 삭제함
    - 파라미터로 주어진 root page가 internal page인 경우,
      - 삭제할 <object의 key, object ID> pair가 저장된 leaf page를 찾기 위해 다음으로 방문할 자식 page를 결정함
      - 결정된 자식 page를 root page로 하는 B+ subtree에서 <object의 key, object ID> pair를 삭제하기 위해 재귀적으로 edubtm_Delete()를 호출함
      - 결정된 자식 page에서 underflow가 발생한 경우, btm_Underflow()를 호출하여 이를 처리함
        - » Underflow가 발생한 자식 page의 부모 page (파라미터로 주어진 root page) 에서 overflow가 발생한 경우, edubtm_InsertInternal()을 호출하여 overflow로 인해 삽입되지 못한 internal index entry를 부모 page에 삽입함
          - edubtm_InsertInternal() 호출 결과로서 부모 page가 split 되므로, out parameter인 *h*를 TRUE로 설정하고 split으로 생성된 새로운 page를 가리키는 internal index entry를 반환함
        - » btm_Underflow() 호출 결과로서 파라미터로 주어진 root page의 내용이 변경되므로, btm_Underflow() 호출 후 root page의 DIRTY bit를 1로 set 해야 함
    - 파라미터로 주어진 root page가 leaf page인 경우,
      - edubtm_DeleteLeaf()를 호출하여 해당 page에서 <object의 key, object ID> pair를 삭제함
      - 해당 page에서 underflow가 발생한 경우 (page의 data 영역 중 자유 영역의 크기 > (page의 data 영역의 전체 크기 / 2)), out parameter인 *f*를 TRUE로 설정함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - ObjectID *catObjForFile
    (IN) B+ tree 색인 file 및 색인된 데이터 file에 대한 정보 (sm_CatOverlayForSysTables) 가 저장된 object의 OID
  - PageID *root
    (IN) B+ tree 색인의 root page의 page ID
  - KeyDesc *kdesc
    (IN) key의 각 속성 값을 서로 구분하기 위한 정보
  - KeyValue *kval
    (IN) 삭제할 object의 key 값
  - ObjectID *oid
    (IN) 삭제할 object의 OID
  - Boolean *f
    (OUT) root page에서 underflow가 발생했음을 나타내는 flag
  - Boolean *h
    (OUT) root page가 split 되었음을 나타내는 flag
  - InternalItem *item
    (OUT) root page split으로 생성된 새로운 page를 가리키는 internal index entry
  - Pool *dlPool
    (INOUT) 새로운 dealloc list element를 할당 받기 위한 pool
  - DeallocListElem *dlHead
    (INOUT) dealloc list의 첫 번째 element를 가리키고 있는 header

- 반환값
  - Four 에러코드

- 관련 함수
  edubtm_InsertInternal(), edubtm_DeleteLeaf(), edubtm_BinarySearchInternal(), btm_Underflow(), BfM_GetTrain(), BfM_FreeTrain(), BfM_SetDirty()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_DeleteLeaf()

- 파일: edubtm_Delete.c

- 설명
  - Leaf page에서 <object의 key, object ID> pair를 삭제함
    - 삭제할 <object의 key, object ID> pair가 저장된 index entry의 offset이 저장된 slot을 삭제함
      - Slot array 중간에 삭제된 빈 slot이 없도록 slot array를 compact 함
    - Leaf page의 header를 갱신함
    - Leaf page에서 underflow가 발생한 경우(page의 data 영역 중 자유 영역의 크기 > (page의 data 영역의 전체 크기 / 2)), out parameter인 *f*를 TRUE로 설정함

 Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - PhysicalFileID *pFid
    (IN) B+ tree 색인 file의 file ID (= B+ tree 색인 file의 첫 번째 page의 page ID)
  - PageID *pid
    (IN) index entry를 삭제할 leaf page의 page ID
  - BtreeLeaf *apage
    (INOUT) index entry를 삭제할 leaf page가 저장된 buffer element에 대한 포인터
  - KeyDesc *kdesc
    (IN) key의 각 속성 값을 서로 구분하기 위한 정보
  - KeyValue *kval
    (IN) 삭제할 index entry의 key 값
  - ObjectID *oid
    (IN) 삭제할 index entry에 저장된 object ID (OID)
  - Boolean *f
    (OUT) leaf page에서 underflow가 발생했음을 나타내는 flag
  - Boolean *h
    (OUT) leaf page가 split 되었음을 나타내는 flag로서, EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)
  - InternalItem *item
    (OUT) leaf page split으로 생성된 새로운 page를 가리키는 internal index entry로서, EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)
  - Pool *dlPool
    (INOUT) 새로운 dealloc list element를 할당 받기 위한 pool로서, EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)
  - DeallocListElem *dlHead
    (INOUT) dealloc list의 첫 번째 element를 가리키고 있는 header로서, EduBtM에서는 사용하지 않음 (EduBtM function 구현시 이를 무시해도 됨)
- 반환값
  - Four 에러코드
- 관련 함수
  edubtm_BinarySearchLeaf(), btm_ObjectIdComp(), BfM_SetDirty()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_CompactLeafPage()

- 파일: edubtm_Compact.c
- 설명
  - Leaf page의 데이터 영역의 모든 자유 영역이 연속된 하나의 contiguous free area를 형성하도록 index entry들의 offset를 조정함
    - 파라미터로 주어진 *slotNo*가 NIL이 아닌 경우,
      - *slotNo*에 대응하는 index entry를 제외한 page의 모든 index entry들을 데이터 영역의 가장 앞부분부터 연속되게 저장함
        - » Index entry 저장 순서: 대응하는 slot 번호 순
      - *slotNo*에 대응하는 index entry를 데이터 영역 상에서의 마지막 index entry로 저장함
    - 파라미터로 주어진 *slotNo*가 NIL인 경우,
      - Page의 모든 index entry들을 데이터 영역의 가장 앞부분부터 연속되게 저장함
        - » Index entry 저장 순서: 대응하는 slot 번호 순
    - Page header를 갱신함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - BtreeLeaf *apage
    (INOUT) compact할 leaf page가 저장된 buffer element에 대한 포인터
  - Two slotNo
    (IN) page의 데이터 영역 상에서 마지막으로 저장할 index entry의 slot 번호
- 반환값
  - Four 에러코드
- 관련 함수 없음

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_CompactInternalPage()

- 파일: edubtm_Compact.c

- 설명
  - Internal page의 데이터 영역의 모든 자유 영역이 연속된 하나의 contiguous free area를 형성하도록 index entry들의 offset를 조정함
    - 파라미터로 주어진 *slotNo*가 NIL이 아닌 경우,
      - *slotNo*에 대응하는 index entry를 제외한 page의 모든 index entry들을 데이터 영역의 가장 앞부분부터 연속되게 저장함
        - » Index entry 저장 순서: 대응하는 slot 번호 순
      - *slotNo*에 대응하는 index entry를 데이터 영역 상에서의 마지막 index entry로 저장함
    - 파라미터로 주어진 *slotNo*가 NIL인 경우,
      - Page의 모든 index entry들을 데이터 영역의 가장 앞부분부터 연속되게 저장함
        - » Index entry 저장 순서: 대응하는 slot 번호 순
    - Page header를 갱신함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - BtreeInternal *apage
    (INOUT) compact할 internal page가 저장된 buffer element에 대한 포인터
  - Two slotNo
    (IN) page의 데이터 영역 상에서 마지막으로 저장할 index entry의 slot 번호
- 반환값
  - Four 에러코드
- 관련 함수 없음

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_Fetch()

- 파일: EduBtM_Fetch.c

- 설명
  - 파라미터로 주어진 page를 root page로 하는 B+ tree 색인에서 검색 조건을 만족하는 첫 번째 <object의 key, object ID> pair가 저장된 leaf index entry를 검색하고, 검색된 leaf index entry를 가리키는 cursor를 반환함
    - 파라미터로 주어진 root page가 internal page인 경우,
      - 검색 조건을 만족하는 첫 번째 <object의 key, object ID> pair가 저장된 leaf page를 찾기 위해 다음으로 방문할 자식 page를 결정함
      - 결정된 자식 page를 root page로 하는 B+ subtree에서 검색 조건을 만족하는 첫 번째 <object의 key, object ID> pair가 저장된 leaf index entry를 검색하기 위해 재귀적으로 edubtm_Fetch()를 호출함
      - 검색된 leaf index entry를 가리키는 cursor를 반환함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터로 주어진 root page가 leaf page인 경우,
  - 검색 조건을 만족하는 첫 번째 <object의 key, object ID> pair가 저장된 index entry를 검색함
    - » 검색 조건은 파라미터로 주어진 검색 시작/종료 key 값 및 비교 연산자를 통해 알 수 있음
      - SM_EQ: 비교 대상 object의 key 값이 검색 시작/종료 key 값과 같은 경우 만족함
      - SM_LT: 비교 대상 object의 key 값이 검색 시작/종료 key 값보다 작은 경우 만족함
      - SM_LE: 비교 대상 object의 key 값이 검색 시작/종료 key 값보다 작거나 같은 경우 만족함
      - SM_GT: 비교 대상 object의 key 값이 검색 시작/종료 key 값보다 큰 경우 만족함
      - SM_GE: 비교 대상 object의 key 값이 검색 시작/종료 key 값보다 크거나 같은 경우 만족함
  - 검색된 index entry를 가리키는 cursor를 반환함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - PageID *root
    (IN) B+ tree 색인의 root page의 page ID
  - KeyDesc *kdesc
    (IN) key의 각 속성 값을 서로 구분하기 위한 정보
  - KeyValue *startKval
    (IN) 검색 시작 key 값
  - Four startCompOp
    (IN) 검색 시작 key 값에 대한 비교 연산자
  - KeyValue *stopKval
    (IN) 검색 종료 key 값
  - Four stopCompOp
    (IN) 검색 종료 key 값에 대한 비교 연산자
  - BtreeCursor *cursor
    (OUT) 검색 조건을 만족하는 첫 번째 <object의 key, object ID> pair가 저장된 leaf index entry를 가리키는 cursor
- 반환값
  - Four 에러코드
- 관련 함수
  edubtm_BinarySearchLeaf(), edubtm_BinarySearchInternal(), edubtm_KeyCompare(), BfM_GetTrain(), BfM_FreeTrain()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_FetchNext()

- 파일: EduBtM_FetchNext.c
- 설명
  - B+ tree 색인에서 검색 조건을 만족하는 현재 leaf index entry의 다음 leaf index entry를 검색하고, 검색된 leaf index entry를 가리키는 cursor를 반환함
    - 검색 조건을 만족하는 다음 leaf index entry를 검색함
      - 검색 조건은 파라미터로 주어진 검색 종료 key 값 및 비교 연산자를 통해 알 수 있음
        - » SM_EQ: 비교 대상 object의 key 값이 검색 종료 key 값과 같은 경우 만족함
        - » SM_LT: 비교 대상 object의 key 값이 검색 종료 key 값보다 작은 경우 만족함
        - » SM_LE: 비교 대상 object의 key 값이 검색 종료 key 값보다 작거나 같은 경우 만족함
        - » SM_GT: 비교 대상 object의 key 값이 검색 종료 key 값보다 큰 경우 만족함
        - » SM_GE: 비교 대상 object의 key 값이 검색 종료 key 값보다 크거나 같은 경우 만족함
    - 검색된 leaf index entry를 가리키는 cursor를 반환함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - KeyDesc *kdesc
    (IN) key의 각 속성 값을 서로 구분하기 위한 정보
  - KeyValue *kval
    (IN) 검색 종료 key 값
  - Four compOp
    (IN) 검색 종료 key 값에 대한 비교 연산자
  - BtreeCursor *current
    (IN) 검색 조건을 만족하는 현재 leaf index entry를 가리키는 cursor
  - BtreeCursor *next
    (OUT) 검색 조건을 만족하는 다음 leaf index entry를 가리키는 cursor

- 반환값
  - Four 에러코드

- 관련 함수
  edubtm_KeyCompare(), BfM_GetTrain(), BfM_FreeTrain()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_FirstObject()

- 파일: edubtm_FirstObject.c

- 설명
  - B+ tree 색인에서 첫 번째 object (가장 작은 key 값을 갖는 leaf index entry) 를 검색함
    - B+ tree 색인의 첫 번째 leaf page의 첫 번째 leaf index entry를 가리키는 cursor를 반환함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - PageID *root
    (IN) B+ tree 색인의 root page의 page ID
  - KeyDesc *kdesc
    (IN) key의 각 속성 값을 서로 구분하기 위한 정보
  - KeyValue *stopKval
    (IN) 검색 종료 key 값
  - Four stopCompOp
    (IN) 검색 종료 key 값에 대한 비교 연산자
  - BtreeCursor *cursor
    (OUT) B+ tree 색인의 첫 번째 object에 대응하는 leaf index entry를 가리키는 cursor
- 반환값
  - Four 에러코드
- 관련 함수
  edubtm_KeyCompare(), BfM_GetTrain(), BfM_FreeTrain()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_LastObject()

- 파일: edubtm_LastObject.c

- 설명
  - B+ tree 색인에서 마지막 object (가장 큰 key 값을 갖는 leaf index entry) 를 검색함
    - B+ tree 색인의 마지막 leaf page의 마지막 index entry (slot 번호 = *nSlots* - 1) 를 가리키는 cursor 를 반환함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - PageID *root
    (IN) B+ tree 색인의 root page의 page ID
  - KeyDesc *kdesc
    (IN) key의 각 속성 값을 서로 구분하기 위한 정보
  - KeyValue *stopKval
    (IN) 검색 종료 key 값
  - Four stopCompOp
    (IN) 검색 종료 key 값에 대한 비교 연산자
  - BtreeCursor *cursor
    (OUT) B+ tree 색인의 마지막 object에 대응하는 leaf index entry를 가리키는 cursor
- 반환값
  - Four 에러코드
- 관련 함수
  edubtm_KeyCompare(), BfM_GetTrain(), BfM_FreeTrain()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_BinarySearchLeaf()

- 파일: edubtm_BinarySearch.c

- 설명
  - Leaf page에서 파라미터로 주어진 key 값보다 작거나 같은 key 값을 갖는 index entry를 검색하고, 검색된 index entry의 위치 (slot 번호) 를 반환함
    - 파라미터로 주어진 key 값과 같은 key 값을 갖는 index entry가 존재하는 경우,
      - 해당 index entry의 slot 번호 및 TRUE를 반환함
    - 파라미터로 주어진 key 값과 같은 key 값을 갖는 index entry가 존재하지 않는 경우,
      - 파라미터로 주어진 key 값보다 작은 key 값을 갖는 index entry들 중 가장 큰 key 값을 갖는 index entry의 slot 번호 및 FALSE를 반환함
    - 파라미터로 주어진 key 값이 page 내의 모든 index entry의 key 값보다 작은 경우,
      - OUT 파라미터 idx의 값을 -1로 설정하고 FALSE를 반환함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - BtreeLeaf *lpage
    (IN) B+ tree 색인의 root page의 page ID
  - KeyDesc *kdesc
    (IN) key의 각 속성 값을 서로 구분하기 위한 정보
  - KeyValue *kval
    (IN) 검색할 key 값
  - Two *idx
    (OUT) 검색된 index entry의 slot 번호

- 반환값
  - Four TRUE 또는 FALSE

- 관련 함수
  edubtm_KeyCompare()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_BinarySearchInternal()

- 파일: edubtm_BinarySearch.c

- 설명
  - Internal page에서 파라미터로 주어진 key 값보다 작거나 같은 key 값을 갖는 index entry를 검색하고, 검색된 index entry의 위치 (slot 번호) 를 반환함
    - 파라미터로 주어진 key 값과 같은 key 값을 갖는 index entry가 존재하는 경우,
      - 해당 index entry의 slot 번호 및 TRUE를 반환함
    - 파라미터로 주어진 key 값과 같은 key 값을 갖는 index entry가 존재하지 않는 경우,
      - 파라미터로 주어진 key 값보다 작은 key 값을 갖는 index entry들 중 가장 큰 key 값을 갖는 index entry의 slot 번호 및 FALSE를 반환함
    - 파라미터로 주어진 key 값이 page 내의 모든 index entry의 key 값보다 작은 경우,
      - OUT 파라미터 idx의 값을 -1로 설정하고 FALSE를 반환함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - BtreeLeaf *lpage
    (IN) B+ tree 색인의 root page의 page ID
  - KeyDesc *kdesc
    (IN) key의 각 속성 값을 서로 구분하기 위한 정보
  - KeyValue *kval
    (IN) 검색할 key 값
  - Two *idx
    (OUT) 검색된 index entry의 slot 번호

- 반환값
  - Four TRUE 또는 FALSE

- 관련 함수
  edubtm_KeyCompare()

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

edubtm_KeyCompare()

- 파일: edubtm_Compare.c

- 설명
  - 파라미터로 주어진 두 key 값의 대소를 비교하고, 비교 결과를 반환함
    - 두 key 값이 같은 경우, EQUAL을 반환함
    - 첫 번째 key 값이 큰 경우, GREATER를 반환함
    - 첫 번째 key 값이 작은 경우, LESS를 반환함

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- 파라미터
  - KeyDesc *kdesc
    (IN) key의 각 속성 값을 서로 구분하기 위한 정보
  - KeyValue *key1
    (IN) 비교할 첫 번째 key 값
  - KeyValue *key2
    (IN) 비교할 두 번째 key 값

- 반환값
  - Four EQUAL, GREATER, 또는 LESS

- 관련 함수 없음

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

제공되는 API Function 들

- BfM_GetTrain()
  - Page/train을 buffer element에 fix 하고, 해당 buffer element에 대한 포인터를 반환함
    - 모든 transaction들은 page/train을 access하기 전에 해당 page/train을 buffer에 fix 해야 함
    - Disk에서 새롭게 할당된 page/train을 buffer에 fix하고자 한다면, 성능 향상을 위해 BfM_GetTrain() 대신 BfM_GetNewTrain()을 호출하는 것이 좋음
      - 해당 page/train은 empty page/train이므로 내용을 읽어오기 위해 disk에 assess할 필요가 없으며, BfM_GetNewTrain()은 disk에 access하지 않고 해당 empty page/train을 buffer에 fix 함
  - 파라미터
    - TrainID *trainId
      (IN) Fix 할 page의 page ID 또는 train의 첫 번째 page의 page ID
    - Char **retBuf
      (OUT) Fix 된 page/train이 저장될 buffer element에 대한 포인터
    - Four type
      (IN) Buffer의 type
  - 반환값
    - Four 에러코드

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

– 예

```
Four edubtm_Fetch(
    PageID              *root,     /* IN: ID of the current root page of the subtree */
    ...)
{
    BtreePage *apage;     /* pointer to a buffer */
    ...
    /* Fix the page to the buffer */
    e = BfM_GetTrain(root, (char **)&apage, PAGE_BUF);
    if (e < 0)  ERR(e);
    ...
}
```


 Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- BfM_GetNewTrain()
  - Disk 상에서 새롭게 할당된 page/train을 buffer element에 fix 하고, 해당 buffer element에 대한 포인터를 반환함
  - 파라미터
    - TrainID *trainId
      (IN) Fix 할 page의 page ID 또는 train의 첫 번째 page의 page ID
    - Char **retBuf
      (OUT) Fix 된 page/train이 저장될 buffer element에 대한 포인터
    - Four type
      (IN) Buffer의 type
  - 반환값
    - Four 에러코드

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

– 예

```
Four edubtm_InitInternal(
    PageID  *internal,     /* IN: ID of the page to be initialized */
    ...)
{
    BtreeInternal *page;     /* pointer to a buffer */
    ...
    /* Fix the page that has been newly allocated on the disk to the buffer */
    e = BfM_GetNewTrain(internal, (char **)&page, PAGE_BUF);
    if (e < 0)  ERR(e);
    ...
}
```


Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- BfM_FreeTrain()
  - Page/train을 buffer element에서 unfix 함
  - 파리미터
    - TrainID *trainId

      (IN) Unfix 할 page의 page ID 또는 train의 첫 번째 page의 page ID
    - Four type

      (IN) Buffer의 type
  - 반환값
    - Four 에러코드

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

– 예

```
Four edubtm_Fetch(
    PageID              *root,     /* IN: ID of the current root page of the subtree */
    ...)
{
    ...
    /* Unfix the page from the buffer */
    e = BfM_FreeTrain(root, PAGE_BUF);
    if (e < 0)  ERR(e);
    ...
}
```


Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- BfM_SetDirty()
  - Buffer element에 저장된 page/train이 수정되었음을 표시하기 위해 DIRTY bit를 set 함
  - 파리미터
    - TrainID *trainId

      (IN) DIRTY bit를 set 할 page의 page ID 또는 train의 첫 번째 page의 page ID
    - Four type

      (IN) Buffer의 type
  - 반환값
    - Four 에러코드

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

– 예

```
Four edubtm_InitInternal(
    PageID  *internal,    /* IN: ID of the page to be initialized */
    ...)
{
    ...
    /* Set the DIRTY bit */
    e = BfM_SetDirty(internal, PAGE_BUF);
    if (e < 0) ERRB1(e, internal, PAGE_BUF);
    ...
}
```


 Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- Util_getElementFromPool()
  - Pool에서 새로운 dealloc list element 한 개를 할당 받고, 할당 받은 element를 반환함
  - 파라미터
    - Pool *aPool
      (IN) 할당을 위해 사용할 element pool
    - void *elem
      (OUT) 할당 받은 dealloc list element
  - 반환값
    - Four 에러코드

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

– 예

```
Four edubtm_FreePages(...
    PageID              *curPid,    /* IN: ID of the page to be freed */
    Pool      *dlPool,        /* INOUT: pool of the elements of the dealloc list */
    DeallocListElem *dlHead)    /* INOUT: head of the dealloc list */
{
    DeallocListElem *dlElem;    /* pointer to the element of the dealloc list */
    ...
    /* Insert the deallocated page into the dealloc list */
    e = Util_getElementFromPool(dlPool, &dlElem);
    if (e < 0) ERR(e);

    dlElem->type = DL_PAGE;
    dlElem->elem.pid = *curPid;    /* ID of the deallocated page */
    dlElem->next = dlHead->next;
    dlHead->next = dlElem;
    ...
}
```


Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

제공되는 Function 들

- btm_AllocPage()
  - B+ tree 색인 page로 사용할 새로운 page를 할당 하고, 할당된 page의 page ID를 반환함
  - 파라미터
    - ObjectID *catObjForFile
      (IN) page를 할당할 B+ tree 색인 file 및 색인된 데이터 file에 대한 정보 (sm_CatOverlayForSysTables) 가 저장된 object의 OID
    - PageID *nearPid
      (IN) 할당할 page의 page ID 또는 할당할 page가 disk 상에서 물리적으로 인접해야 하는 page의 page ID
    - PageID *newPid
      (OUT) 할당된 page의 page ID
  - 반환값
    - Four 에러코드

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

– 예

```
Four EduBtM_CreateIndex(
    ObjectID *catObjForFile,     /* IN: ID of the object that contains the catalog
information */
    PageID *rootPid)     /* OUT: ID of the root page of the newly created B+tree */
{
    sm_CatOverlayForBtree *catEntry;     /* pointer to the B+tree file catalog
information */
    PhysicalFileID pFid;     /* ID of the first page in the file */
    ...
    MAKE_PHYSICALFILEID(pFid, catEntry->fid.volNo, catEntry->firstPage);

    /* Allocate a new page to be used as a B+ tree index page */
    e = btm_AllocPage(catObjForFile, (PageID *)&pFid, rootPid);
    if (e < 0)  ERR(e);
    ...
}
```


Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- btm_ObjectIdComp()
  - 파라미터로 주어진 두 object ID (OID) 의 대소를 비교하고, 비교 결과를 반환함
  - 파라미터
    - ObjectID *firstOid
      (IN) 비교할 첫 번째 object ID
    - ObjectID *secondOid
      (IN) 비교할 두 번째 object ID
  - 반환값
    - Four EQUAL, GREATER, 또는 LESS

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

– 예

```
Four edubtm_DeleteLeaf(...
    ObjectID                    *oid,    /* IN: ID of the object to be deleted */
    ...)
{
    ObjectID tOid;    /* ID of an object */
    ...
    /* Compare two object IDs */
    if(edubtm_ObjectIdComp(oid, &tOid) == EQUAL) {...}
    ...
}
```


Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- btm_root_delete()
  - B+ tree 색인의 root page에서 발생한 underflow를 처리함
  - 파라미터
    - PhysicalFileID *pFid
      (IN) B+ tree 색인 file의 file ID (= B+ tree 색인 file의 첫 번째 page의 page ID)
    - PageID *rootPid
      (IN) B+ tree 색인의 root page의 page ID
    - Pool *dlPool
      (INOUT) 새로운 dealloc list element를 할당 받기 위한 pool
    - DeallocListElem *dlHead
      (INOUT) dealloc list의 첫 번째 element를 가리키고 있는 header
  - 반환값
    - Four 에러코드

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

– 예

```
Four EduBtM_DeleteObject(...
    PageID    *root,      /* IN: ID of the root page */
    ...
    Pool      *dlPool,        /* INOUT: pool of the elements of the dealloc list */
    DeallocListElem *dlHead)    /* INOUT: head of the dealloc list */
{
    Boolean lf;    /* TRUE if a page is not half full */
    PhysicalFileID pFid;    /* ID of the index file containing the B+ tree index */
    ...
    /* Handle underflow that has occurred in the root page of a B+ tree index */
    if(lf) {    // if underflow has occurred in the root page
        e = btm_root_delete(&pFid, root, dlPool, dlHead);
        if (e < 0) ERR(e);
    }
    ...
}
```


Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- btm_Underflow()
  - B+ tree 색인의 under flow가 발생한 page에 대해, 해당 page를 sibling page와 merge 또는 redistribute 함
    - 두 page가 merge 되는 경우, 부모 page에서 두 page와 관계된 index entry가 삭제됨에 따라 부모 page에서 underflow가 발생할 수 있음
    - 두 page가 redistribute 되는 경우, 부모 page에서 두 page와 관계된 index entry가 교체됨 (기존 index entry가 삭제되고 새로운 index entry가 삽입됨) 에 따라 부모 page에서 overflow가 발생할 수 있음
  - 파라미터
    - PhysicalFileID *pFid
      (IN) B+ tree 색인 file의 file ID (= B+ tree 색인 file의 첫 번째 page의 page ID)
    - BtreePage *rpage
      (IN) under flow가 발생한 page의 부모 page가 저장된 buffer element에 대한 포인터
    - PageID *child
      (IN) under flow가 발생한 page의 page ID
    - Two slotNo
      (IN) under flow가 발생한 page를 가리키는 index entry의 offset이 저장된 slot의 slot 번호
    - Boolean *f
      (OUT) 부모 page에서 underflow가 발생했음을 나타내는 flag
    - Boolean *h
      (OUT) 부모 page에서 overflow가 발생했음을 나타내는 flag
    - InternalItem *item
      (OUT) 부모 page의 overflow로 인해 삽입되지 못한 internal index entry
    - Pool *dlPool
      (INOUT) 새로운 dealloc list element를 할당 받기 위한 pool
    - DeallocListElem *dlHead
      (INOUT) dealloc list의 첫 번째 element를 가리키고 있는 header
  - 반환값
    - Four 에러코드

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

– 예

```
Four edubtm_Delete(...
    PageID    *root,      /* IN: ID of the root page */
    ...
    Boolean                     *f,             /* OUT: whether the root page is half full */
    ...
    Pool      *dlPool,        /* INOUT: pool of the elements of the dealloc list */
    DeallocListElem *dlHead)    /* INOUT: head of the dealloc list */
{
    Boolean lf;    /* TRUE if a page is not half full */
    Boolean lh;    /* TRUE if a page is splitted */
    Two idx;    /* slot number */
    PageID child;    /* ID of the child page */
    BtreePage *rpage;    /* pointer to the root page */
    InternalItem litem;    /* Internal index entry */
    PhysicalFileID pFid;    /* ID of the index file containing the B+ tree index */
    ...
    /* Merge or redistribute the page with the sibling page */
    else if (lf) {    // if underflow occurs
        e = btm_Underflow(&pFid, rpage, &child, idx, f, &lh, &litem, dlPool, dlHead);
        if (e < 0) ERRB1(e, root, PAGE_BUF);
    }
    ...
}
```


Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

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(root == NULL) ERR(eBADPARAMETER_BTM)
  - ERRB1(e, pid, t)
    - Error code e를 반환하기 전에 파라미터로 주어진 *pid*에 대응하는 page를 unfix 하는 것을 제외하고 ERR€ 와 동일함
    - 사용예

      if(e < 0) ERRB1(e, &newPid, PAGE_BUF)

- Error code

  $(EduBtM_HOME_DIR)/Header/EduBtM_errorcodes.h 파일 참고

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

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 prototype 들로 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

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

- Project 수행 방법
  - Skeleton 파일 내의 function들을 구현함
    - 구현시 $(EduBtM_HOME_DIR)/Header 디렉토리의 헤더 파일들에 저장된 각종 macro들을 활용 가능함
  - make 명령을 이용하여, 구현된 skeleton 파일들을 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
- ❖ $(EduBtM_HOME_DIR)/Header/EduBtM_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

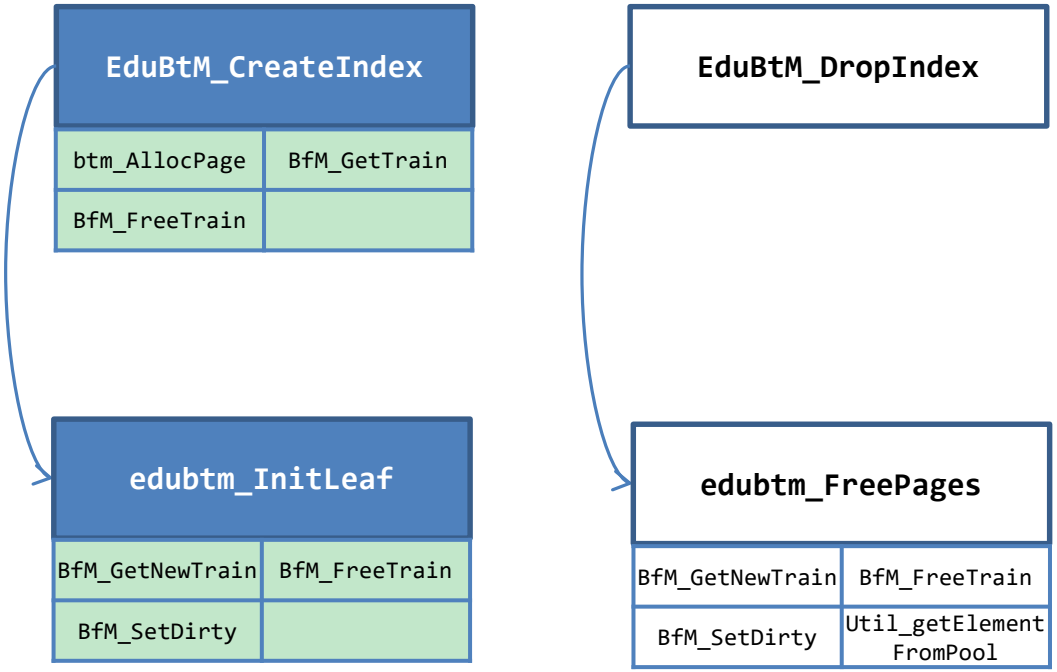
❖ API function에서 호출하는 일부 internal function을 구현하지 않고 해당 API function을 구현하는 방법
- ❖ 대응하는 default solution function (internal function 명에서 "edu" keyword가 제거된 형태)을 사용함
  - ❖ 예: edubtm_InitLeaf()의 successful default solution function은 btm_InitLeaf() 임

Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

Appendix

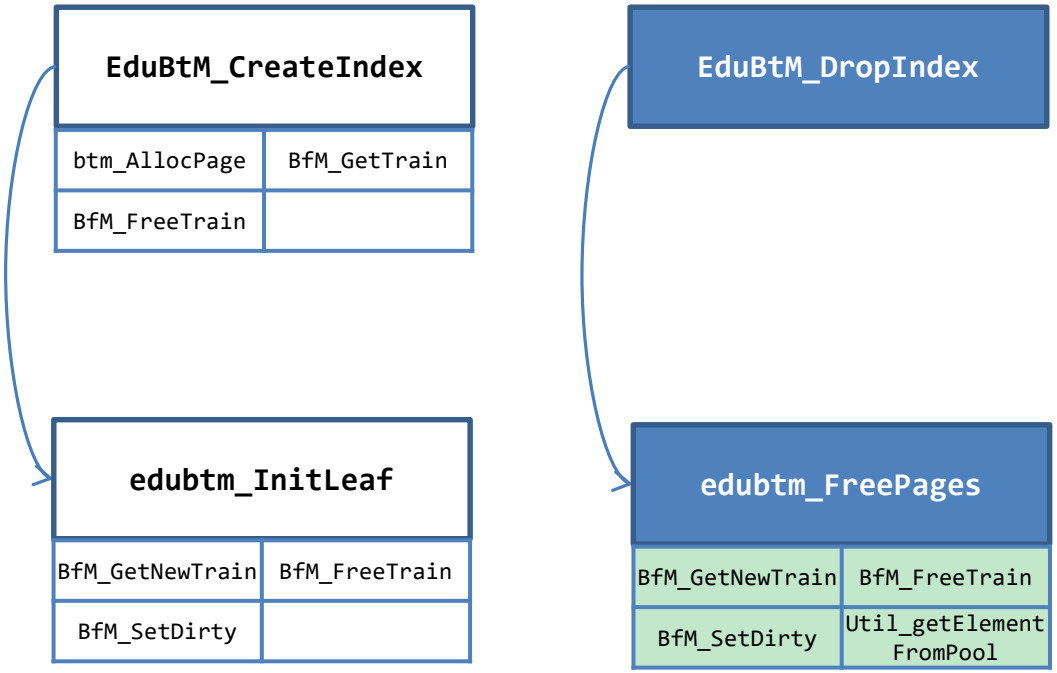
Function Call Graph

EduBtM_CreateIndex



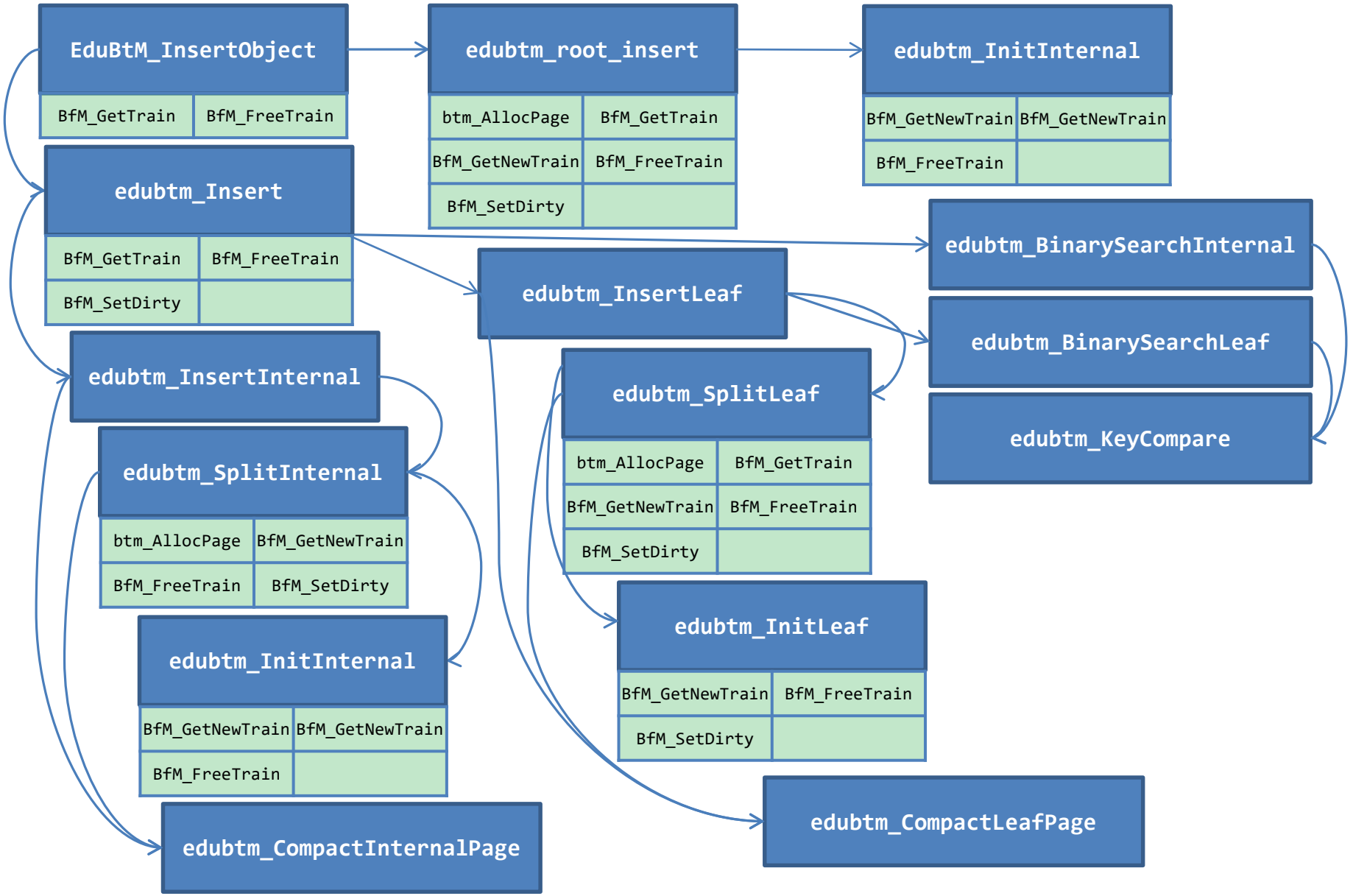
Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

EduBtM_DropIndex



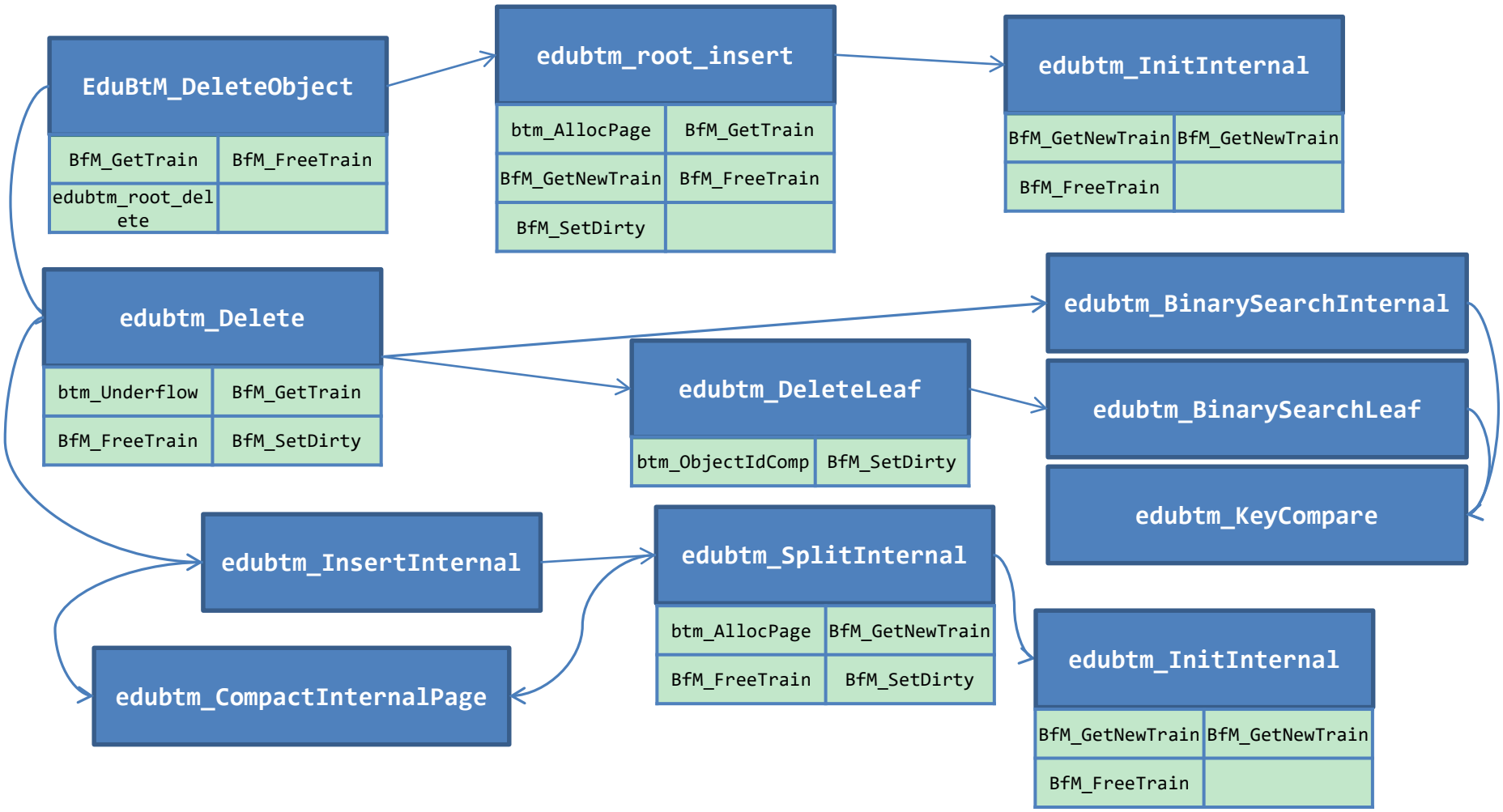
Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

EduBtM_InsertObject



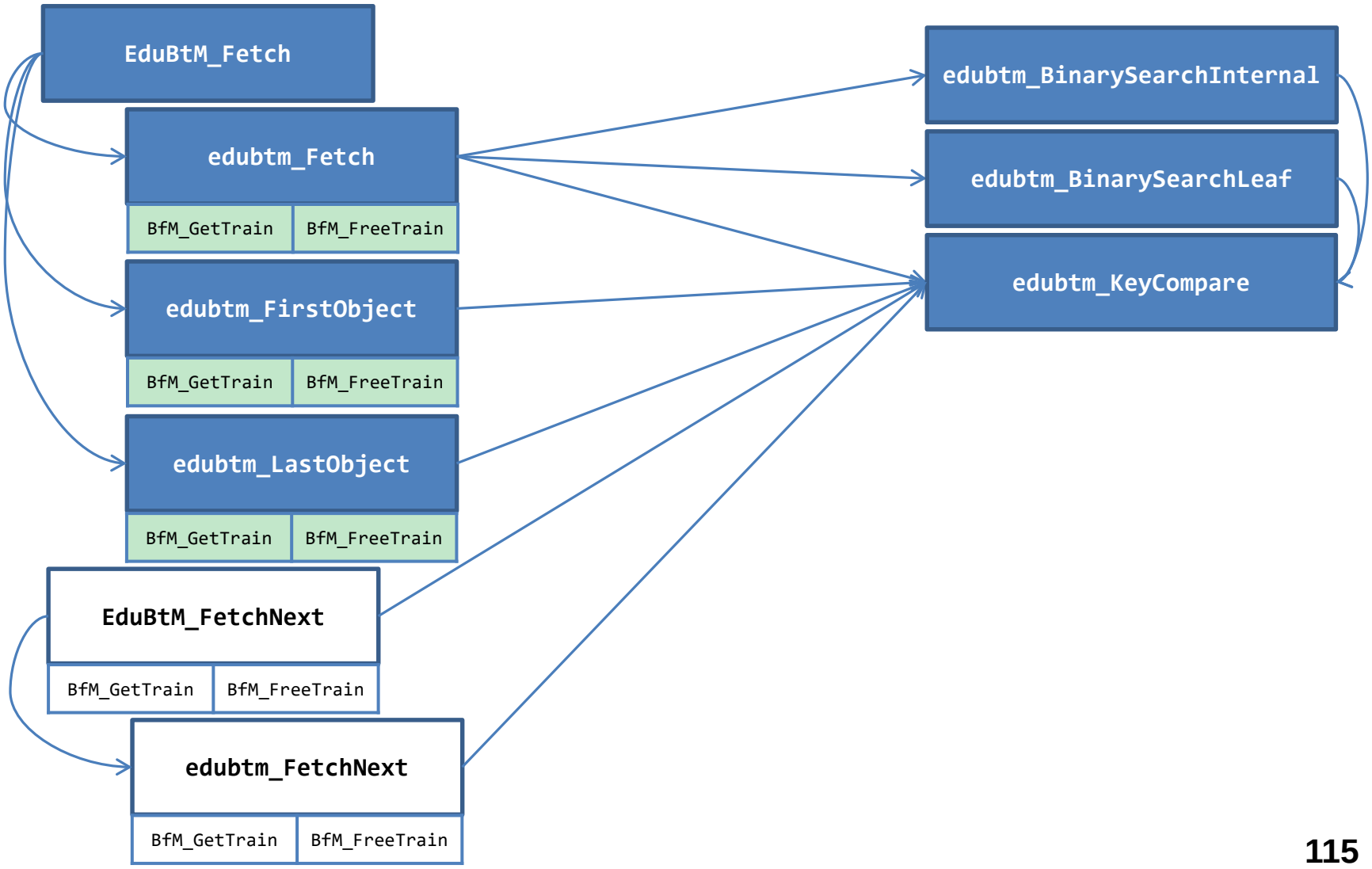
Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

EduBtM_DeleteObject



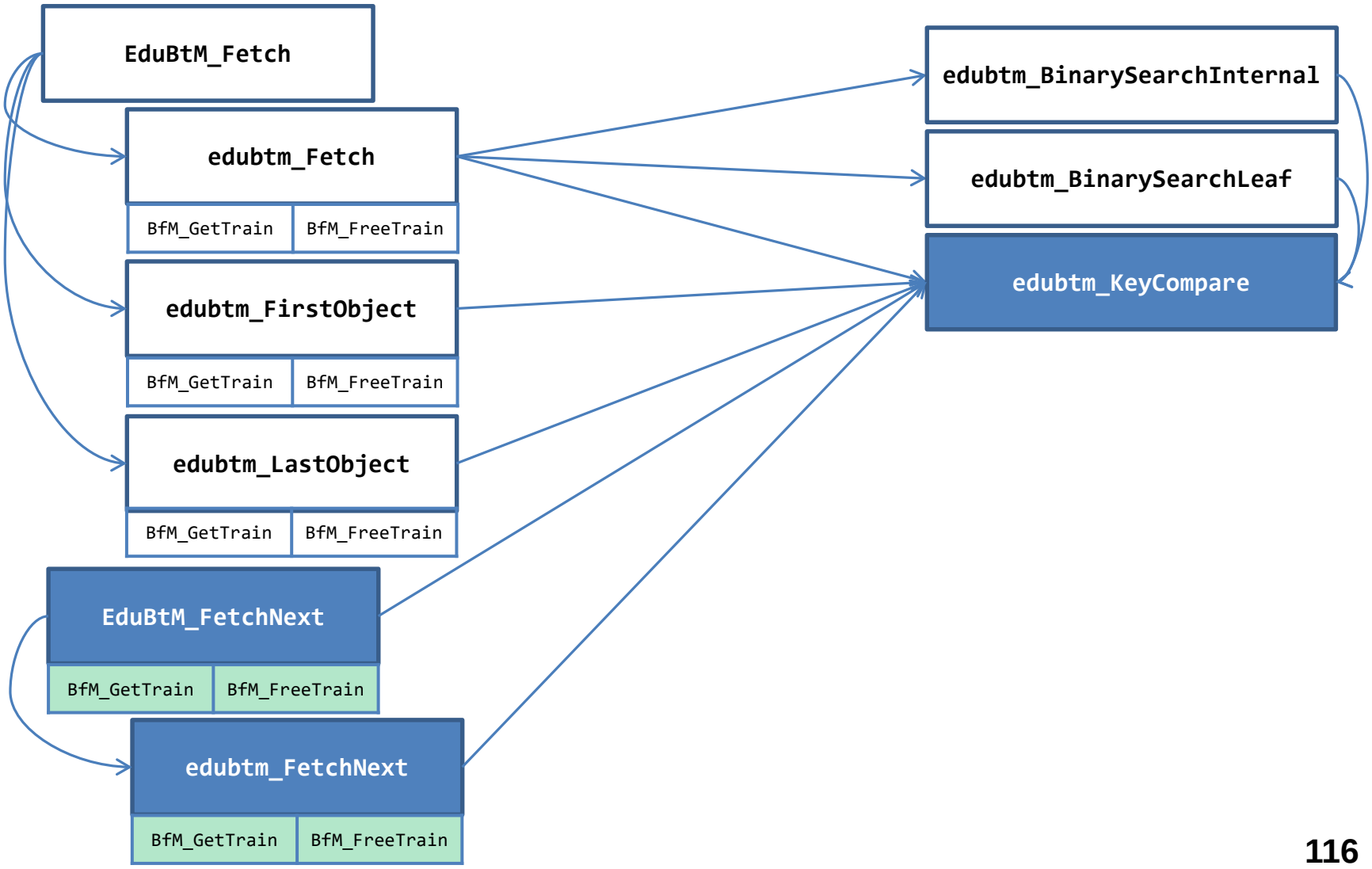
Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

EduBtM_Fetch



Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang

EduBtM_FetchNext



Copyright © 2013-2015 by Kyu-Young Whang