# 8. 파일시스템과 파일 복구 (파일시스템 개론)


**박 종 혁 교수**

**UCS Lab**

**Tel: 970-6702**

**Email: jhpark1@seoultech.ac.kr**

# 개요

- 학습 목표
  - 디지털 포렌식에서 기본 단위는 파일의 추출과 분석을 통해 이루어지므로, 파일의 저장 및 관리를 책임지는 파일시스템의 이해는 필수적이다.
  - 먼저 파일시스템의 이해와 구조를 파악하고, 윈도우 시스템에서 가장 널리 쓰이는 FAT, NTFS 파일시스템에 대해 학습한다.

- 학습 내용
  - 파일시스템의 이해
  - 파일시스템 분석
  - FAT 파일 시스템
  - NTFS 파일 시스템

# 목 차

# 파일 시스템의 이해

- 파일시스템 이란?
  - 디지털 데이터를 효과적으로 관리하기 위해 파일을 체계적으로 기록하는 방식
  - 사용자에게 파일과 디렉터리를 계층 구조로 데이터를 저장하도록 하는 메커니즘
  - 파일이 어디에 저장되어 있는지 조직화하고, 사용자의 데이터를 구조적으로 정의

- 파일 시스템이 필요한 이유?
  - 저장 매체의 용량이 증가함에 따라 저장되는 파일의 수도 급격히 증가
  - 원하는 파일을 읽고 쓰는 기본적인 기능부터 데이터를 검색, 저장, 관리하기 위한 규약이 필요

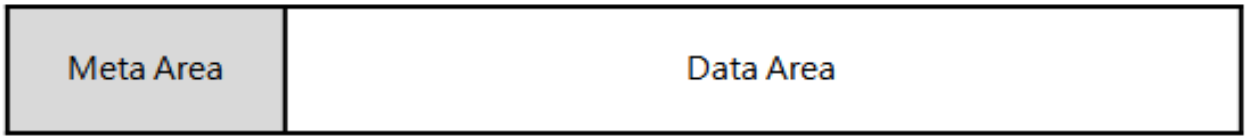
# 파일 시스템의 이해 – 파일 시스템의 종류

| 저장매체 | 운영체제 | 파일 시스템 |
|---|---|---|
| 디스크장치 | Windows | FAT(FAT12,FAT16,FAT32,exFAT), NTFS |
| | Linux | Ext2, Ext3, Ext4 |
| | Unix-like | UFS |
| | OS2 | HPFS |
| | Mac OS | HFS, HFS+ |
| | Solaris | ZFS |
| | HP-UX | ODS-5, VxFS |
| 광학장치 | | ISO 9660, UDF |

# 파일 시스템의 이해 – 파일 시스템의 구조

- 파일시스템의 구조
  - 파일시스템의 기본적인 동작은 운영체제가 각 파일을 사용하기 위해 저장되어 있는 위치로 접근하여 해당 데이터를 읽도록 함
  - 또한 데이터의 위치를 파악하기 위하여 사용자가 저장된 파일의 목록을 확인할 수 있도록 지원 함

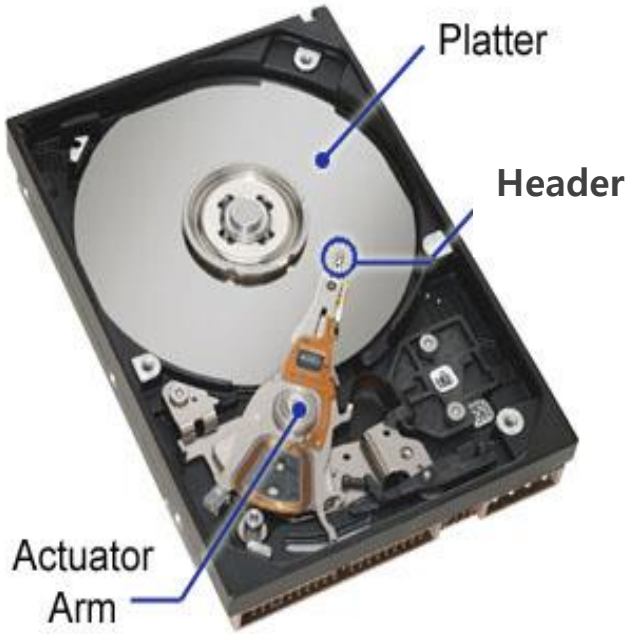
- 파일시스템의 추상화 구조




  - 사용자가 생성한 파일의 내용은 데이터 영역에 기록
  - 메타 영역에는 파일 관리를 위한 파일의 이름, 위치, 크기, 시간 정보 등이 기록
  - 파일 시스템은 이러한 메타 정보를 유지 관리함으로써 파일을 효과적으로 관리

# 파일 시스템의 이해 – 하드 디스크

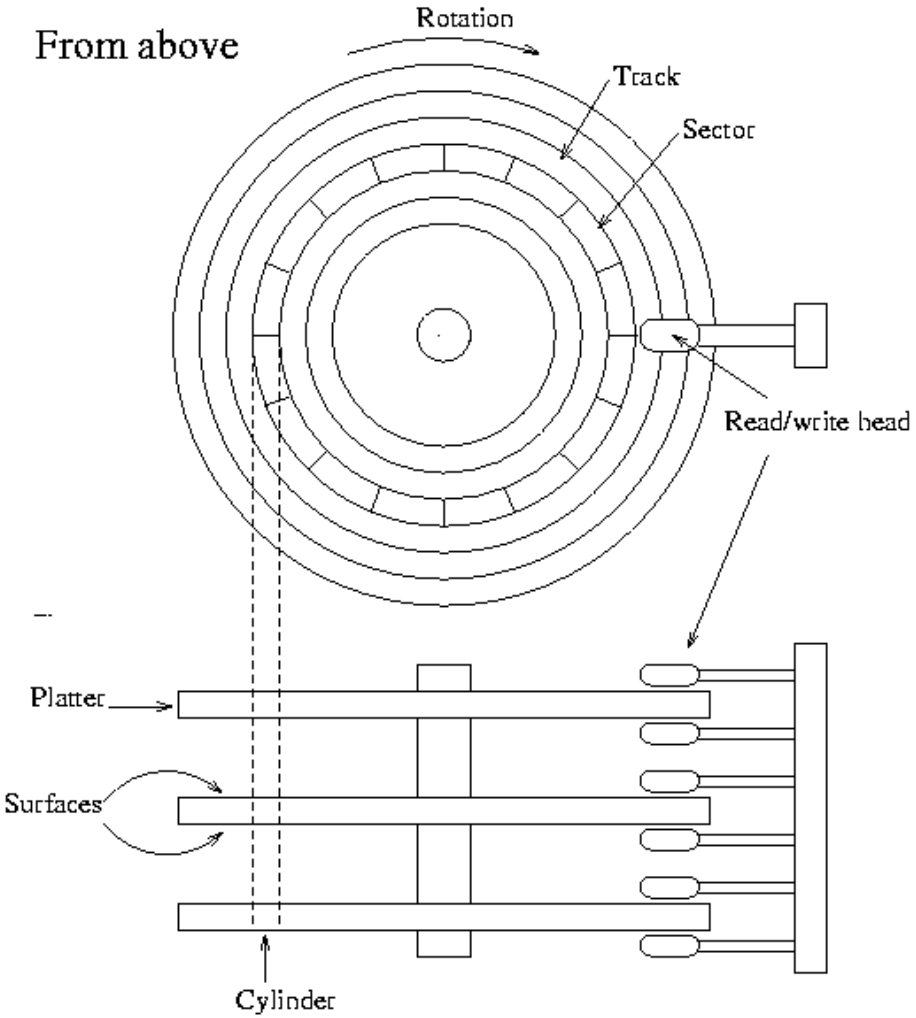
- Hard disk
  - ✓ 가장 널리 사용되는 비-휘발성 저장 장치




  - ✓ Interface or Controller
    - IDE (Integrated Drive Electronics) Controller
    - SCSI (Small Computer System Interface)
    - SATA (Serial Advanced Technology Attachment) Controller
    - RAID (Redundant Array of Inexpensive Disks)

# 파일 시스템의 이해 – 주소 지정 방식

- Hard disk의 구성
  - ✓ Addressing



# 파일 시스템의 이해 – 주소 지정 방식

- Hard disk
  - ✓ Sector
    - 데이터 기록의 가장 기본 단위
    - 총 571 bytes에서 섹터의 위치를 구분하기 위한 고유 번호 저장 (59 bytes)
    - 실제 데이터 저장으로 사용되는 영역은 512 bytes (Sector size)

# 파일 시스템의 이해 – 주소 지정 방식

- Addressing (주소 지정 방식)
  - ✓ CHS (Cylinder, Head, Sector) 방식
    - 디스크의 물리적인 구조에 기반한 방식
    - 초기 ATA 표준과 BIOS의 지원 비트의 차이로 인해 최대 504MB까지만 지정 가능
    - 이후 BIOS 비트 확장으로 8.1GB 까지 지원이 가능하게 되었지만 대용량 디스크는 지원하지 못함
    - ATA-6부터 표준에서 제외, LBA 방식이 새롭게 대두

# 파일 시스템의 이해 – 주소 지정 방식

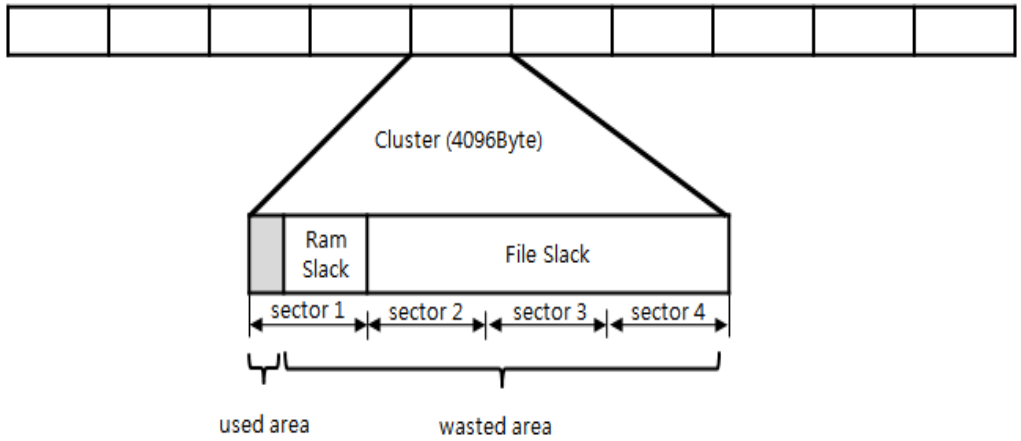
- Addressing (주소 지정 방식)

  ✓ LBA (Logical Block Addressing) 방식

  - 디스크의 0번 실린더, 0번 헤드, 1번 섹터를 첫 번째(0번) 블록으로 지정
  - 디스크의 마지막 섹터까지 순차적으로 주소를 지정
  - 물리적인 구조에 대한 정보 불필요(섹터의 번호만으로 접근 가능)
  - 선형적인 섹터 번호가 실제 디스크의 물리적 구조로 변환 되어야 하지만 ROM BIOS에 의해 자동적으로 수행됨
  - 초기에는 28bit로 처리하여 약 127GB가 최대 용량이었음
  - 현재는 48bit 어드레스 방식을 사용하고 있음

# 파일 시스템의 이해 – 클러스터

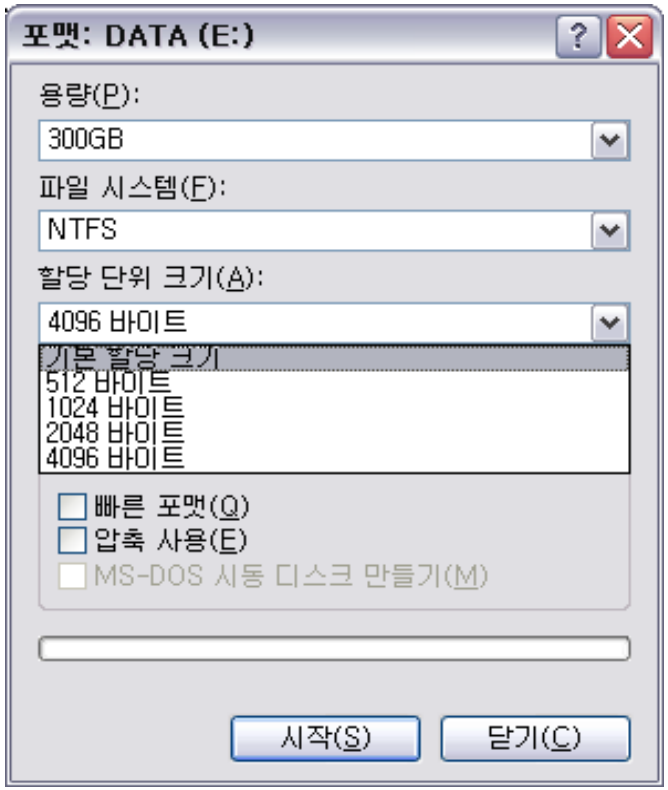
- Cluster (클러스터)
  - ✓ 클러스터 = 여러 개의 섹터(하드디스크의 물리적 최소 단위)를 묶은 단위
  - ✓ 섹터단위로 입출력 처리하면 시간이 오래 걸리므로 여러 개의 섹터를 묶어 한번에 처리




  - ✓ 클러스터 크기를 4,096바이트(4KB)로 지정 했을 때, 100바이트의 데이터를 저장하는 경우로 클러스터의 크기만큼 할당됨
    - 3996바이트가 낭비되지만 그럼에도 불구하고 디스크 입출력 횟수를 줄이기 위해 클러스터 단위를 사용
    - 4MB(4,096KB)파일 저장할 때 4KB크기의 클러스터 사용 = 1,024번 입출력 수행
    - 4MB(4,096KB = 4,194,304B)파일 저장할 때 512B크기의 클러스터 사용 = 8,192번 입출력 수행

# 파일 시스템의 이해 – 클러스터

- Cluster (클러스터)
  - ✓ 윈도우 시스템에서 디스크 포맷할 때 클러스터 크기 지정




FAT32에서의 클러스터 크기

| 볼륨 크기 | 클러스터 크기 |
|---|---|
| 32MB - 8GB | 4KB |
| 8GB - 16GB | 8KB |
| 16GB - 32GB | 16KB |
| 32GB | 32KB |

NTFS에서의 클러스터 크기

| 볼륨 크기 | 클러스터 크기 |
|---|---|
| 512MB 이하 | 512Byte |
| 513MB - 1GB | 1KB |
| 1GB - 2GB | 2KB |
| 2GB 이상 | 4KB |

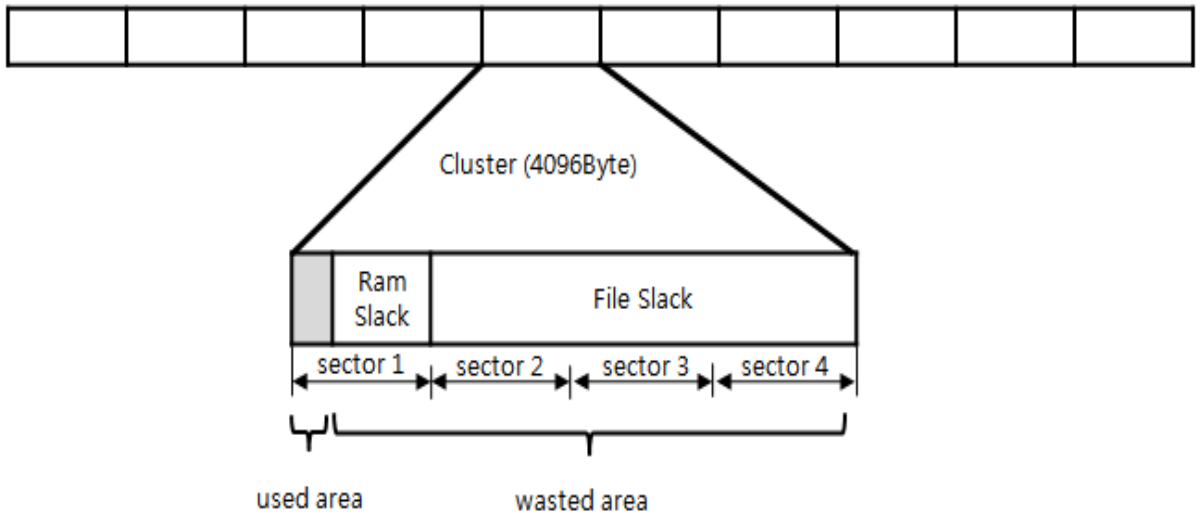
# 파일 시스템의 이해 – 슬랙 공간

- Slack Space

  - ✓ 물리적인 구조와 논리적인 구조의 차이로 발생하는 낭비 공간
  - ✓ 물리적으로 파일에 할당된 공간이지만 논리적으로 사용 할 수 없는 낭비 공간
  - ✓ 디지털 포렌식 관점에서 - 정보 은닉 가능성, 파일 복구와 삭제된 파일의 파편 조사
    - RAM Slack (Sector Slack)
    - File Slack (Drive Slack)
      - 이전에 사용한 데이터가 존재, 흔적 조사에 활용
    - File System Slack
    - Volume Slack

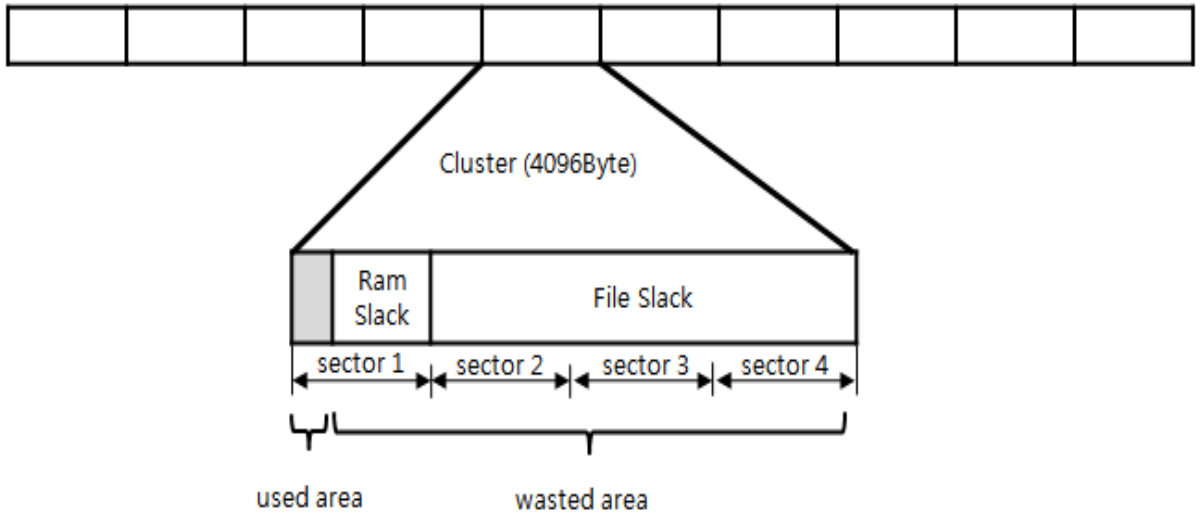
# 파일 시스템의 이해 – 슬랙 공간

- Slack Space (RAM Slack & File Slack)
  - ✓ RAM Slack (Sector Slack)
    - 램에 저장 되어있는 데이터가 디스크에 저장될 때 512 바이트씩 기록되는 특성 때문에 발생하는 공간으로 섹터 슬랙(Sector Slack)이라고도 함
    - 지정되는 파일 크기가 512 바이트의 배수가 아닐 경우 발생
    - 여분 바이트 0x00 값으로 기록
    - 램 슬랙을 이용하면 파일의 끝을 알 수 있기 때문에 삭제된 파일 복구 시 유용하게 사용



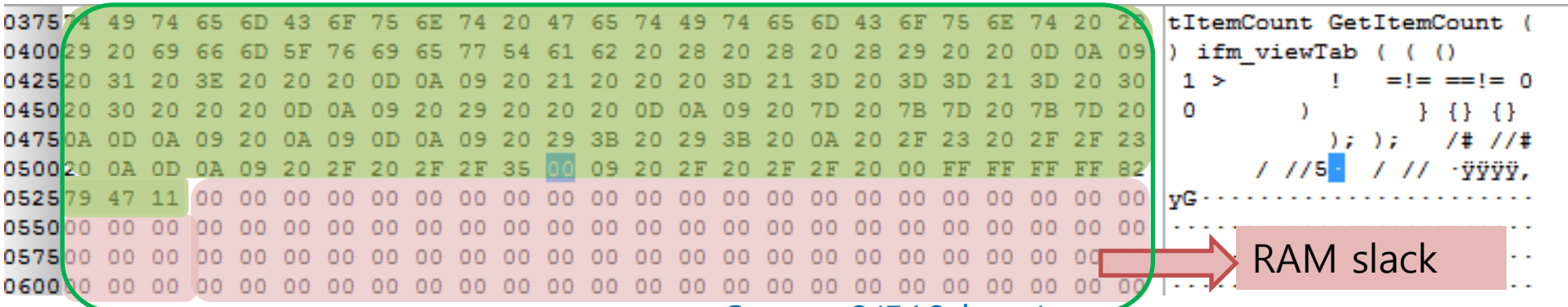
# 파일 시스템의 이해 – 슬랙 공간

- Slack Space (RAM Slack & File Slack)
  - ✓ File Slack (Drive Slack)
    - 클러스터의 사용으로 인해 낭비되는 공간 중 램 슬랙을 제외한 부분으로 드라이브 슬랙(Drive Slack)이라고도 함
    - 파일 슬랙을 이용하면 특정 파일이 해당 저장 매체에 존재하였는지 규명 가능
      - ➢ 존재 여부를 알아야 할 파일을 클러스터 단위로 나눈 후, 각 클러스터의 마지막 부분과 파일 슬랙 중 일치하는 부분이 있는지 확인
    - 최하단의 디스크 입출력은 섹터 단위로 진행되므로 0x00으로 기록되는 램 슬랙과 다르게 이전의 데이터가 그대로 남아있음(I/O는 섹터단위로 진행)

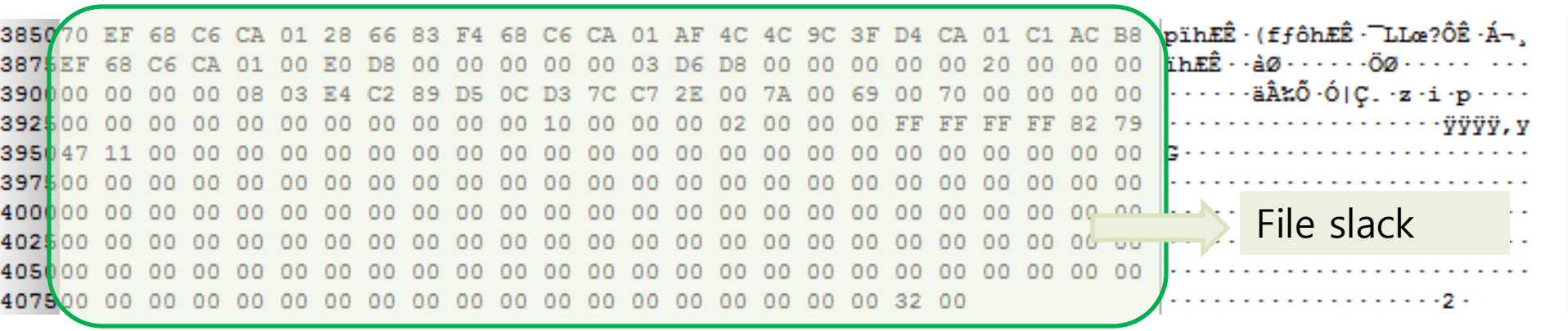


# 파일 시스템의 이해 – 슬랙 공간

Sector 1(512 byte)




Sector 2(512 byte)



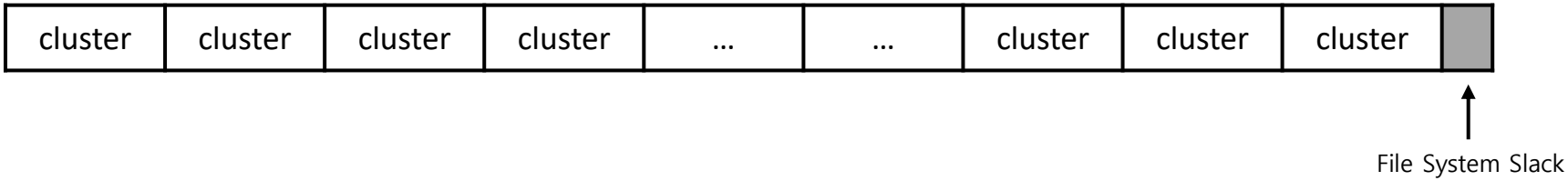

Sector 8(512 byte)

# 파일 시스템의 이해 – 슬랙 공간

- Slack Space (File System Slack & Volume Slack)

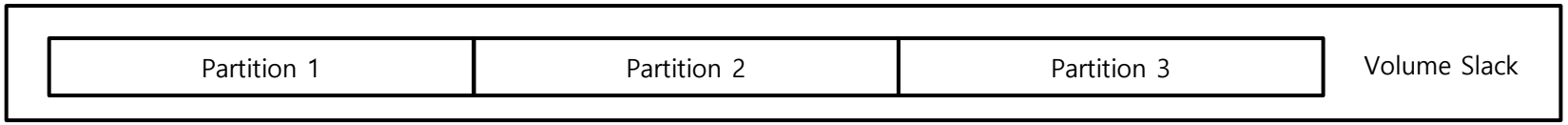
✓ File System Slack

- 파일시스템 할당 크기와 볼륨 크기간의 차이로 인해 발생되는 공간
  - 1,026KB 볼륨에 4KB 클러스터 사용하는 파일 시스템 구성하면 마지막 2KB이 파일 시스템 슬랙이 됨



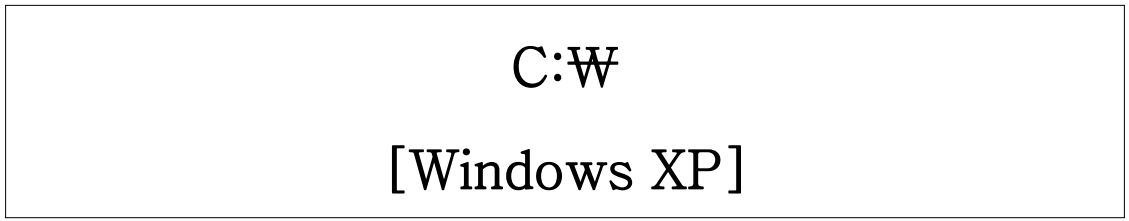

✓ Volume Slack

- 전체 볼륨 크기와 할당된 파티션 크기의 차이로 인해 발생되는 공간

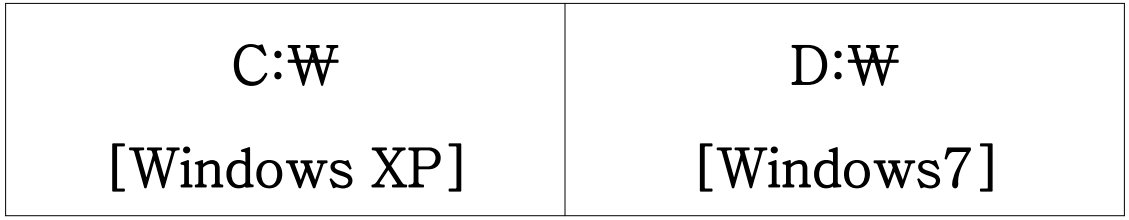


# 파티션과 MBR – 파티션

- 파티션(Partition)
  - 저장매체의 저장 공간을 논리적으로 분할한 것
  - 시스템은 부팅 과정에서 파티션의 크기, 위치, 설치된 운영체제 등을 파악하여 그에 맞게 구동해야 함
  - 그러한 정보 담고 있는 부분이 Boot Record(BR) 영역, windows는 파티션의 첫 번째 섹터에 위치



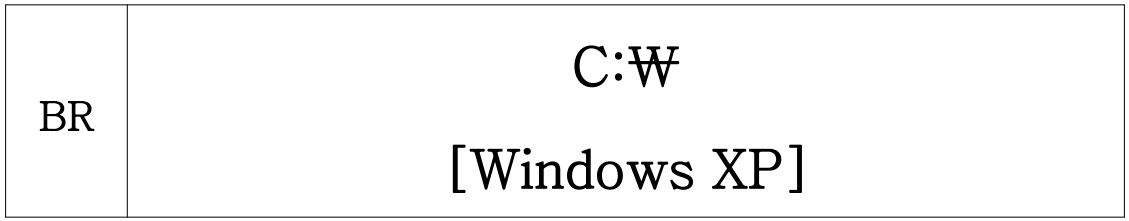

단일 파티션



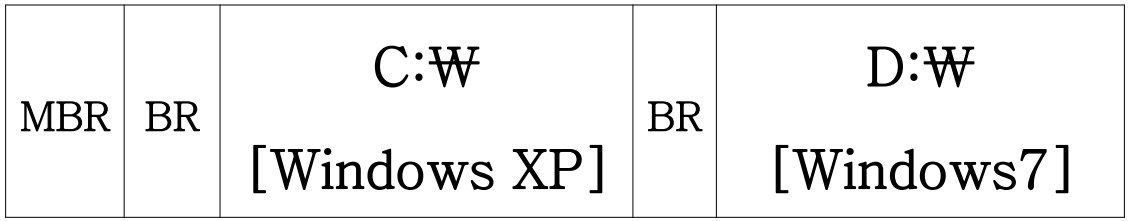

다중 파티션

# 파티션과 MBR – MBR(Master Boot Record)

- **MBR (Master Boot Record)**
  - 분할된 파티션에서 각 파티션의 BR영역을 관리하는 영역
  - MBR은 저장매체의 첫 번째 섹터(LBA 0)에 위치하는 512 바이트 크기의 영역
  - 446 바이트의 부트 코드(Boot Code) 영역, 64 바이트의 파티션 테이블(Partition Table) 영역, 2 바이트의 시그니처(Signature) 영역



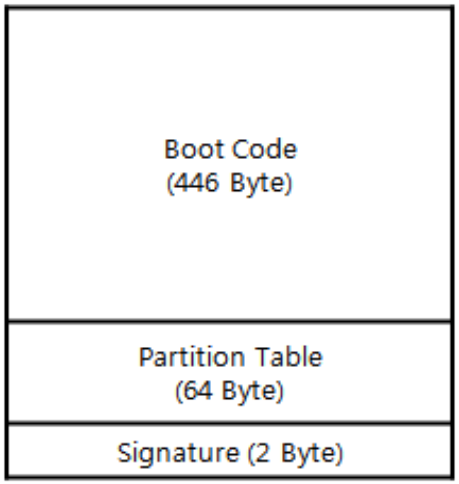

단일 파티션에서의 Boot Record




단wnd 파티션에서의 Boot Record

# 파티션과 MBR – MBR(Master Boot Record)

- 부트 코드 영역
  - 컴퓨터가 부팅될 때 수행되는 코드로, 파티션 테이블에서 부팅 가능한 파티션을 찾아 해당 파티션의 부트 섹터(Boot Sector)를 호출하는 역할을 수행




**MBR 데이터 구조**

| 범위(Byte Range) | | 설명 |
|---|---|---|
| 10진수 | 16진수 | |
| 0 - 445 | 0x0000 - 0x01BD | Boot code |
| 446 - 461 | 0x01BE - 0x01CD | Partition table entry #1 |
| 462 - 477 | 0x01CE - 0x01DD | Partition table entry #2 |
| 478 - 493 | 0x01DE - 0x01ED | Partition table entry #3 |
| 494 - 509 | 0x01EE - 0x01FD | Partition table entry #4 |
| 510 - 511 | 0x01FE - 0x01FF | Signature (0x55AA) |

# 파티션과 MBR – MBR(Master Boot Record)

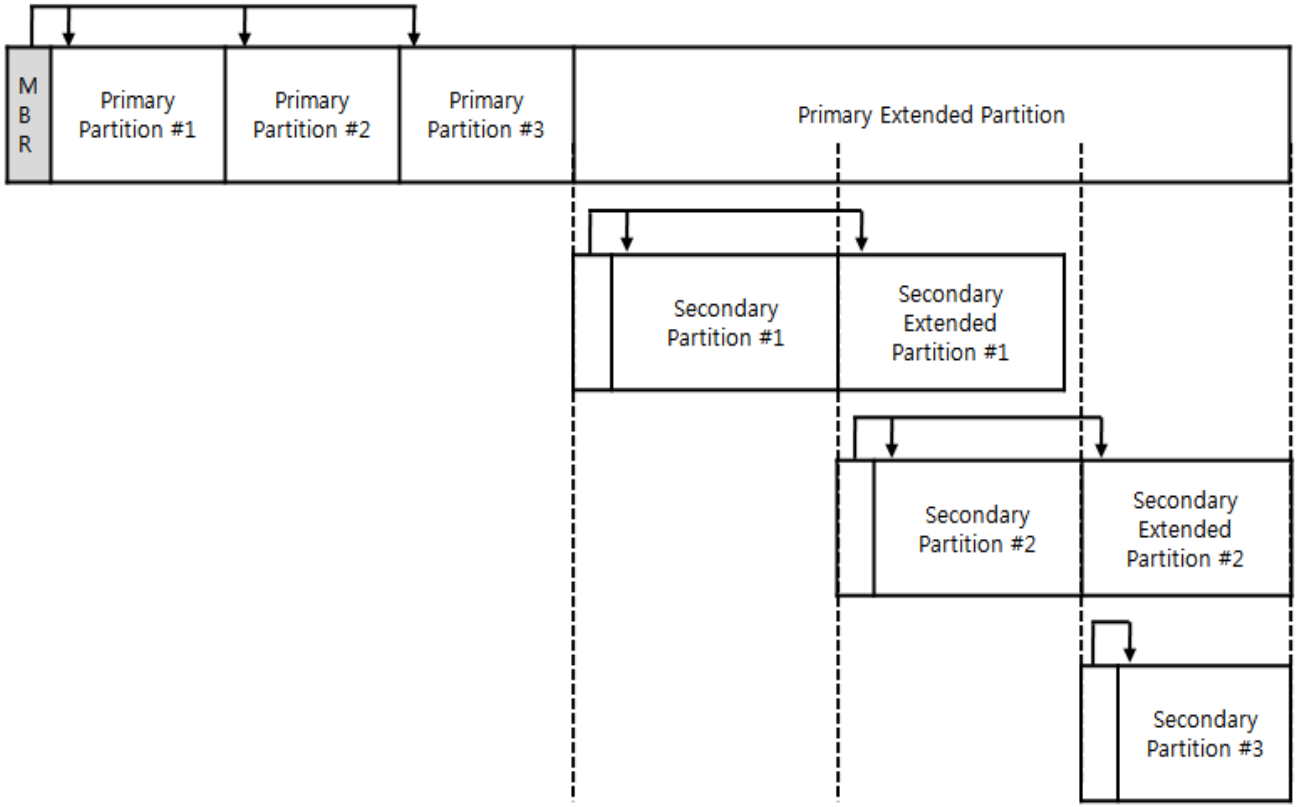
- 파티션 테이블 영역
  - 16 바이트씩 총 4개의 파티션 정보가 저장
  - 첫 번째 값인 부트 플래그(Bootable Flag)는 해당 파티션이 부팅 가능한 파티션인지를 나타내며, 부팅 가능한 파티션일 경우 해당 부트 플래그의 값이 0x80
  - MBR의 부트 코드는 파티션 테이블을 검색하여 부트 플래그 값이 0x80 값을 갖는 파티션의 부트 섹터 위치로 점프하는 역할을 수행
  - 포렌식 조사 시, 보이는 파티션 영역 및 디스크 전 영역을 조사, 필요에 따라 MBR영역 직접 해석
    - MBR영역과 실제 파일 시스템이 시작하는 영역 사이에 악의적 코드 삽입하여 운영 체제 시작 전에 동작하도록 구성된 악성 코드 존재

**파티션 테이블 데이터 구조**

| 범위(Byte Range) | | 설명 |
|---|---|---|
| 10진수 | 16진수 | |
| 0 - 0 | 0x0000 - 0x0000 | Bootable flag |
| 1 - 3 | 0x0001 - 0x0003 | CHS 주소 방식의 시작 위치 |
| 4 - 4 | 0x0004 - 0x0004 | Partition 유형 |
| 5 - 7 | 0x0005 - 0x0007 | CHS 주소 방식의 끝 위치 |
| 8 - 11 | 0x0008 - 0x000B | LBA 주소 방식의 시작 위치 |
| 12 - 15 | 0x000C - 0x000F | 총 섹터 개수 |

# 파티션과 MBR – 확장 파티션

- **확장 파티션(Extended Partition)**
  - MBR영역에서 파티션 정보를 표현하는 공간은 64바이트로 총 4개까지만 파티션을 분할 할 수 밖에 없는 한계를 극복하기 위해 나온 개념
  - 마지막 4번째 파티션 테이블이 가리키는 위치가 또 다른 MBR 영역을 가리켜 추가로 4개의 파티션을 담을 수 있도록 하는 구조



# FAT 파일 시스템 – FAT 파일 시스템 소개

- FAT (File Allocation Table) History

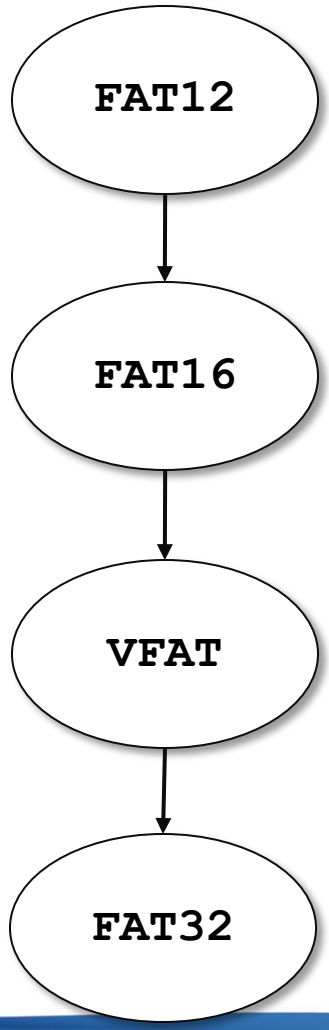
**MS-DOS 파일 시스템에서 파일의 위치정보를 기록한 테이블을 지칭**

**FAT 뒤의 숫자는 파일시스템에서 관리하는 클러스터의 개수를 의미**

| FAT 형식 | 최대 표현 가능한 클러스터 |
|---|---|
| FAT12 | 4,084 |
| FAT16 | 65,524 |
| FAT32 | 67,092,481 |

FAT12의 경우 12비트를 사용하여 클러스터 위치를 표현

: $2^{12}$ = 4,096개의 클러스터를 표현, 하지만 미리 예약된 12개의 클러스터가 존재하기 때문에 최대 4,084개의 클러스터를 표현




1980년대 초 (QDOS)
플로피디스크용으로 처음 개발

1980년대 말
하드디스크를 지원하기 위해 개발

1995년
FAT의 성능 향상, 긴 파일 이름이 가능해짐

1996 년
VFAT을 확장, 고용량 하드디스크 지원

# FAT 파일 시스템 – FAT 파일 시스템 소개

- FAT12
  - ✓ 5.25인치 플로피디스크에 파일을 저장하기 위해 개발
  - ✓ 1983년 MS-DOS 2.0이 출시될 때 FAT12에 계층형 디렉터리가 지원됨
- FAT16
  - ✓ HDD 기술의 발달로 개인용 컴퓨터에서 사용할 파일시스템의 필요성 증가
  - ✓ 1988년 MS-DOS 4.0에서 FAT16 발표

# FAT 파일 시스템 – FAT 파일 시스템 소개

- VFAT or Fast FAT
  - ✓ 1995년 MS는 Windows 95에서 FAT 파일시스템의 성능과 기능을 향상시킴
  - ✓ 32 bits 보호 모드(Protected Mode) – 성능 향상
  - ✓ 독점 모드(Exclusive Mode) – 동시에 하나의 파일에 접근할 경우 처리
  - ✓ LFNs (Long File Names) 지원
    - 이전의 FAT 파일시스템은 8.3 File naming, 대문자만 가능
    - 최대 255 문자까지 파일명으로 적용 가능
    - 이전 버전의 DOS와 호환성 유지
  - ✓ 볼륨의 최대 용량은 2GB로 파일 시스템의 용량 표현 문제가 여전히 존재함

# FAT 파일 시스템 – FAT 파일 시스템 소개

- FAT32
  - ✓ 1996년 MS는 Windows 95 OSR2에서 FAT32 사용
  - ✓ 클러스터 표현 비트 수 28 bits (4 bits 예약 영역)
  - ✓ 볼륨의 최대 용량은 32GB로 제한

- FAT 파일시스템의 비교

| 구분 | FAT12 | FAT16 | FAT32 |
|---|---|---|---|
| 사용 용도 | FDD | Small HDD | Large HDD |
| 클러스터 표현 비트 수 | 12 bits | 16 bits | 32 bits (28 bits만 사용) |
| 최대 클러스터 개수 | 4,084 개 | 65,524 개 | 67,092,281 개 |
| 최대 볼륨 크기 | 16 MB | 2 GB | 2 TB (32GB로 제한됨) |
| 파일의 최대 크기 | 볼륨 크기만큼 | 볼륨 크기만큼 | 4 GB |
| 디렉토리당 최대 파일 개수 | X | 65,535 개 | 65,535 개 |
| 루트 디렉토리의 파일 개수 제한 | 있음 | 있음 | 없음 |

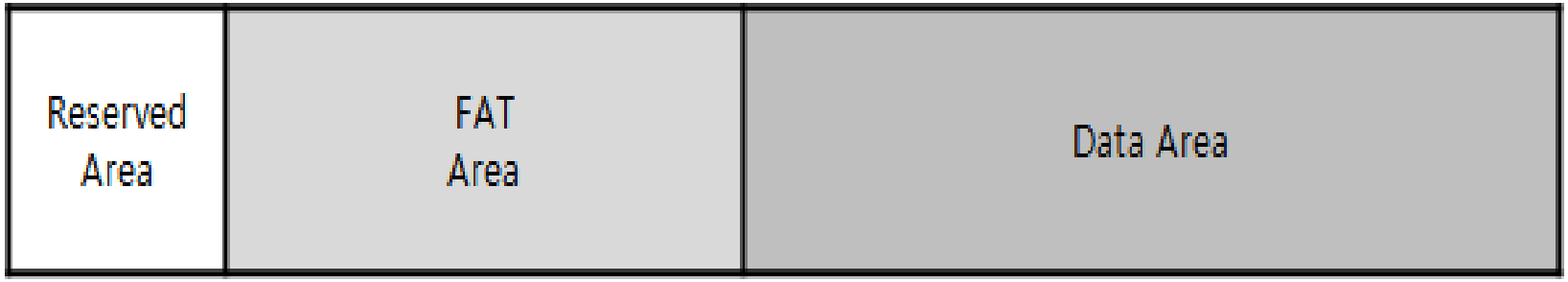
# FAT 파일 시스템 – FAT 파일 시스템 소개

- FAT 파일 시스템의 호환성
  - ✓ 1996년 MS는 Windows 95 OSR2에서 FAT32 사용
  - ✓ 클러스터 표현 비트 수 28 bits (4 bits 예약 영역)
  - ✓ 볼륨의 최대 용량은 32GB로 제한

| Operating System | FAT12 | FAT16 | FAT32 | NTFS |
|---|---|---|---|---|
| MS-DOS | ● | ● | | |
| Windows 95 | ● | ● | | |
| Windows 95 OSR2 | ● | ● | ● | |
| Windows 98 | ● | ● | ● | |
| Windows ME | ● | ● | ● | |
| Windows NT 4.0 | ● | ● | | ● |
| Windows 2000 | ● | ● | ● | ● |
| Windows XP | ● | ● | ● | ● |

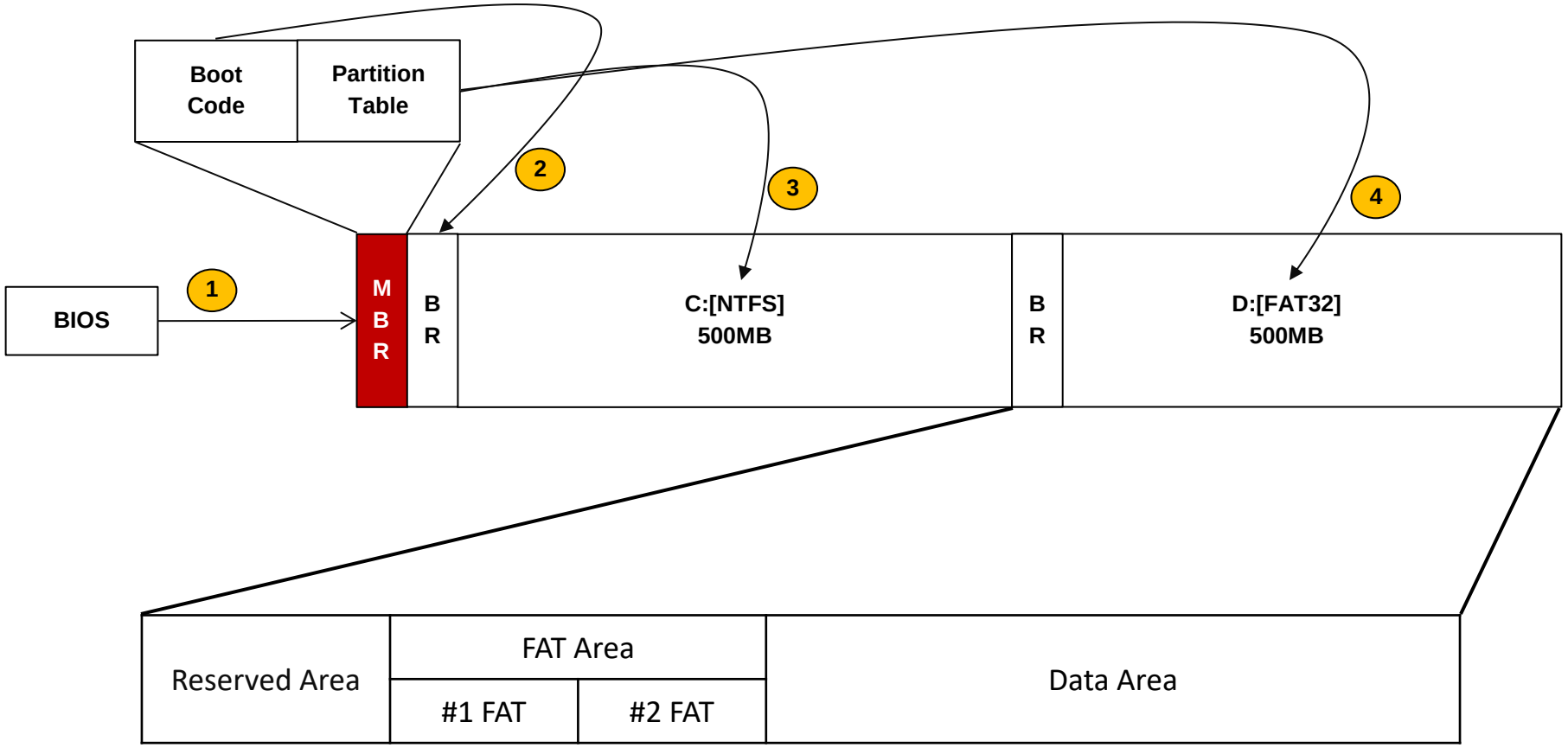
# FAT 파일 시스템 – FAT 파일 시스템 소개

- FAT 파일 시스템의 구조
  - ✓ 예약 영역 / FAT 영역 / 데이터 영역



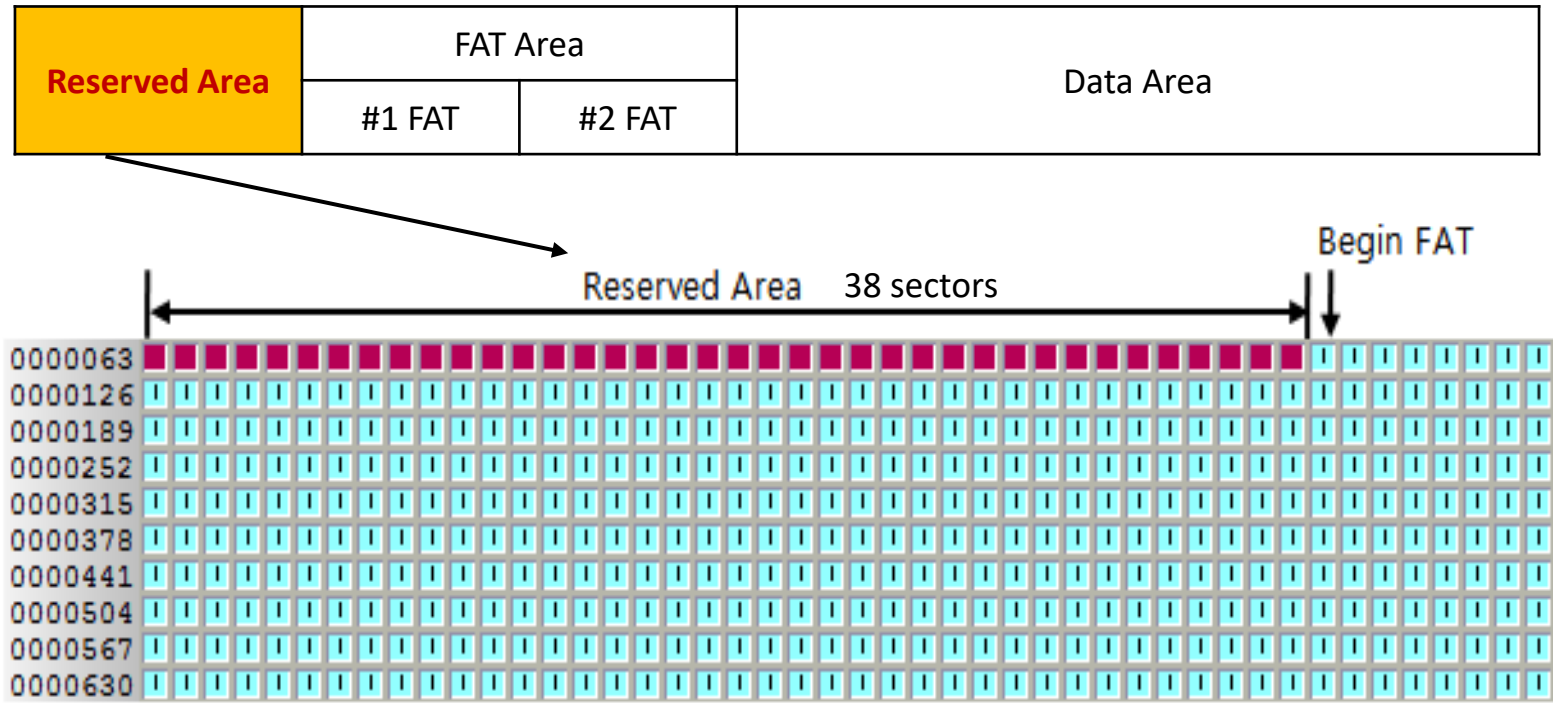
# FAT 파일 시스템 – FAT 파일 시스템 소개

- FAT (File Allocation Table) Layout



# FAT 파일 시스템 – 예약 영역

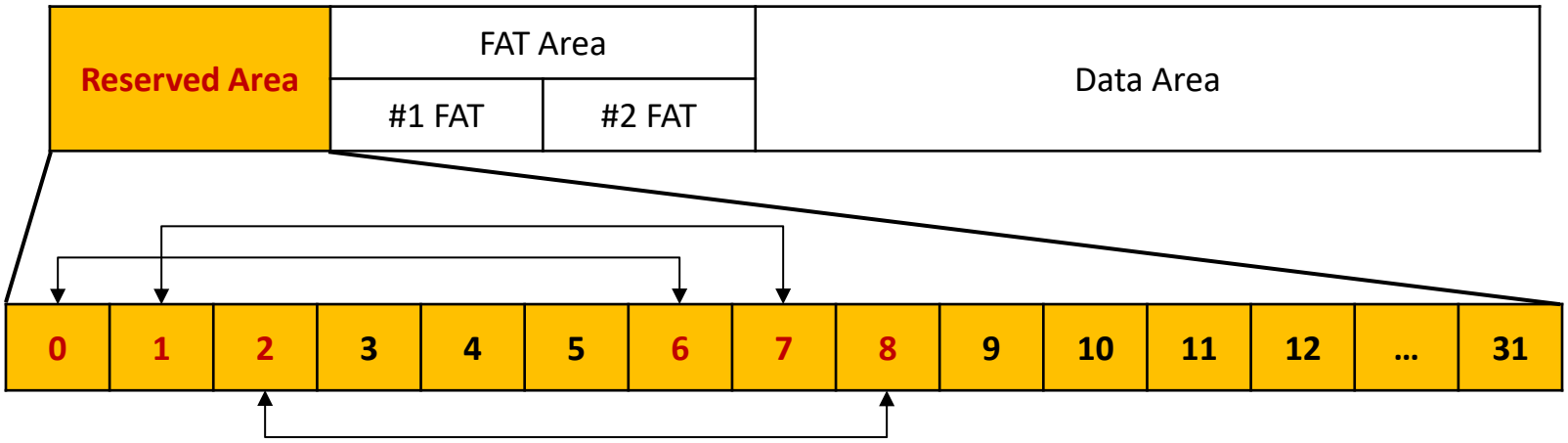
- Structure – Reserved Area




- ✓ FAT파일 시스템에서 가장 앞에 위치하는 구조로 여러 개의 섹터를 포함
- ✓ FAT12/16 : 1 Sector(default) 사용
- ✓ FAT32 : 32 Sectors(default) 사용

# FAT 파일 시스템 – 예약 영역

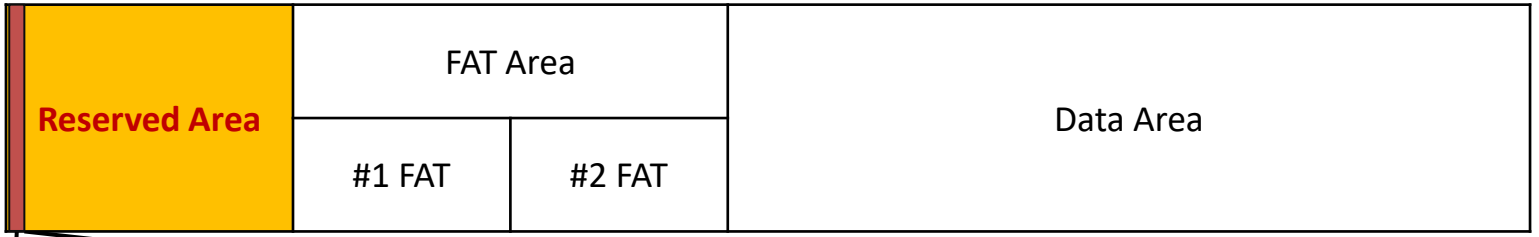
- Structure – Reserved Area

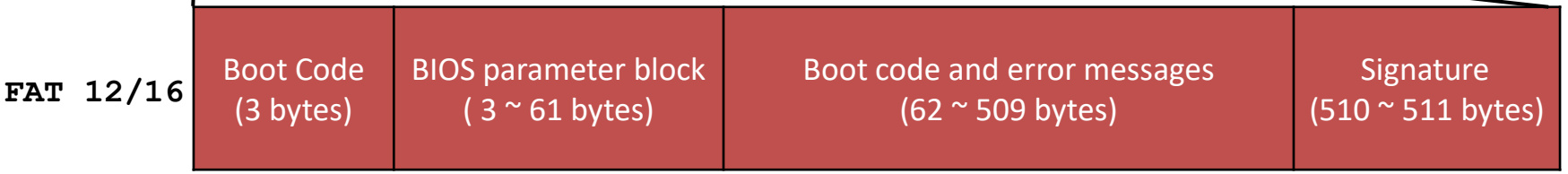



- ✓ FAT32 – 예약영역 중 6개의 섹터만 사용, 나머지는 만약을 대비해 예약해 둔 것
- ✓ 예약 영역의 크기는 가변적 이지만 0, 1, 2, 6, 7, 8번 섹터는 미리 정해져 있음
  - 0, 6 : Volume Boot Sector (0번은 부트섹터로 사용, 만약을 대비해 6번에 백업)
  - 1, 7 : File System Information(FSINFO) Structure
    (7번에 백업, FSINFO구조체는 운영체제에게 비 할당 클러스터의 첫 위치와 전체 비 할당 클러스터의 수를 알려줌으로써 저장할 데이터를 빠르게 할당할 수 있도록 도와줌)
  - 2, 8 : Additional bootstrap code (부트 섹터의 부트 코드 영역이 부족할 경우 추가적으로 사용할 수 있는 영역, 일반적으로 비어 있음)

# FAT 파일 시스템 – 예약 영역

- Structure – First Sector(Volume Boot Sector) of Reserved Area




첫 번째 섹터는 부트 코드를 포함하고 있는 부트 섹터로 사용, FAT12/14은 예약 영역 = 부트 섹터

# FAT 파일 시스템 – 예약 영역

- ✓ 첫 번째 섹터는 부트 코드를 포함하고 있는 부트 섹터(Boot Sector)로 사용
- ✓ FAT12/16은 예약 영역이 곧 부트 섹터
- ✓ 부트 섹터에는 제일 먼저 BPB(BIOS Parameter Block)을 지나 부트 코드로 점프하기 위한 명령어가 위치
- ✓ 부트 코드는 파일 시스템의 여러 설정 정보를 나타내는 BPB를 참조하여 시스템 부팅
- ✓ 부팅과정이 실패하면 미리 설정된 오류 메시지를 출력

FAT파일 시스템 부트 섹터 구조

| FAT 형식 | 범위(Byte Range) | | 설명 |
|---|---|---|---|
| | 십진수 | 십육진수 | |
| FAT12/16 | 0 - 2 | 0x0000 - 0x0002 | Jump command to boot code |
| FAT32 | | | |
| FAT12/16 | 3 - 61 | 0x0003 - 0x003D | BIOS parameter block(BPB) |
| FAT32 | 3 - 89 | 0x0003 - 0x0059 | |
| FAT12/16 | 62 - 509 | 0x003E - 0x01FD | Boot code and error message |
| FAT32 | 90 - 509 | 0x005A - 0x01FD | |
| FAT12/16 | 510 - 511 | 0x01FE - 0x01FF | Signature (0x55AA) |
| FAT32 | | | |

# FAT 파일 시스템 – 예약 영역

- Structure – FAT 12/16/32 부트 섹터의 공통된 데이터 구조

| 범위 | | 설명 |
|---|---|---|
| 10 진수 | 16 진수 | |
| 0 ~ 2 | 0x00 ~ 0x02 | Assembly jump instruction to bootstrap code (0xEB3C90) |
| 3 ~ 10 | 0x03 ~ 0x0A | OEM ID (Win95 = MSWIN4.0, Win98 = MSWIN4.1 Win2K/XP/VISTA = MSDOS5.0, Linux = mkdosfs) |
| 11 ~ 12 | 0x0B ~ 0x0C | Bytes per Sector |
| 13 | 0x0D | Sectors per Cluster |
| **14 ~ 15** | **0x0E ~ 0x0F** | **Reserved Sector count (FAT 12/16 = 1)** |
| 16 | 0x10 | Number of FAT tables |
| 17 ~ 18 | 0x11 ~ 0x12 | Root director entry count (FAT12/16 = 512, FAT32 = 0) |
| 19 ~ 20 | 0x13 ~ 0x14 | Total Sector - 16 bits (FAT12/16 = variable, FAT32 = 0) |
| 21 | 0x15 | Media Type |
| 22 ~ 23 | 0x16 ~ 0x17 | FAT size - 16 bits (FAT12/16 = variable, FAT32 = 0) |
| 24 ~ 25 | 0x18 ~ 0x19 | Sector per Track (typically 32 for hard disk) |
| 26 ~ 27 | 0x1A ~ 0x1B | Number of Heads (typically 255 for hard disk) |
| 28 ~ 31 | 0x1C ~ 0x1D | Hidden Sectors |
| 32 ~ 35 | 0x20 ~ 0x23 | Total Sector - 32 bits |

# FAT 파일 시스템 – 예약 영역

- Structure – FAT 12/16 부트 섹터의 추가적인 데이터 구조

| 범위 | | 설명 |
|---|---|---|
| 10 진수 | 16 진수 | |
| 36 | 0x24 | INT 0x13 drive number (Floppy = 0x00, Hard disk = 0x80) |
| 37 | 0x25 | Not used |
| 38 | 0x26 | Boot signature |
| 39 ~ 42 | 0x27 ~ 0x2A | Volume serial number |
| 43 ~ 53 | 0x2B ~ 0x35 | Volume label (ASCII) |
| 54 ~ 61 | 0x36 ~ 0x3D | File system type |
| 62 ~ 509 | 0x3E ~ 0x01FD | Boot code and error message |
| 510 ~ 511 | 0x01FE ~ 0x01FF | Signature (0x55AA) |

# FAT 파일 시스템 – 예약 영역

- Structure – FAT 32 부트 섹터의 추가적인 데이터 구조

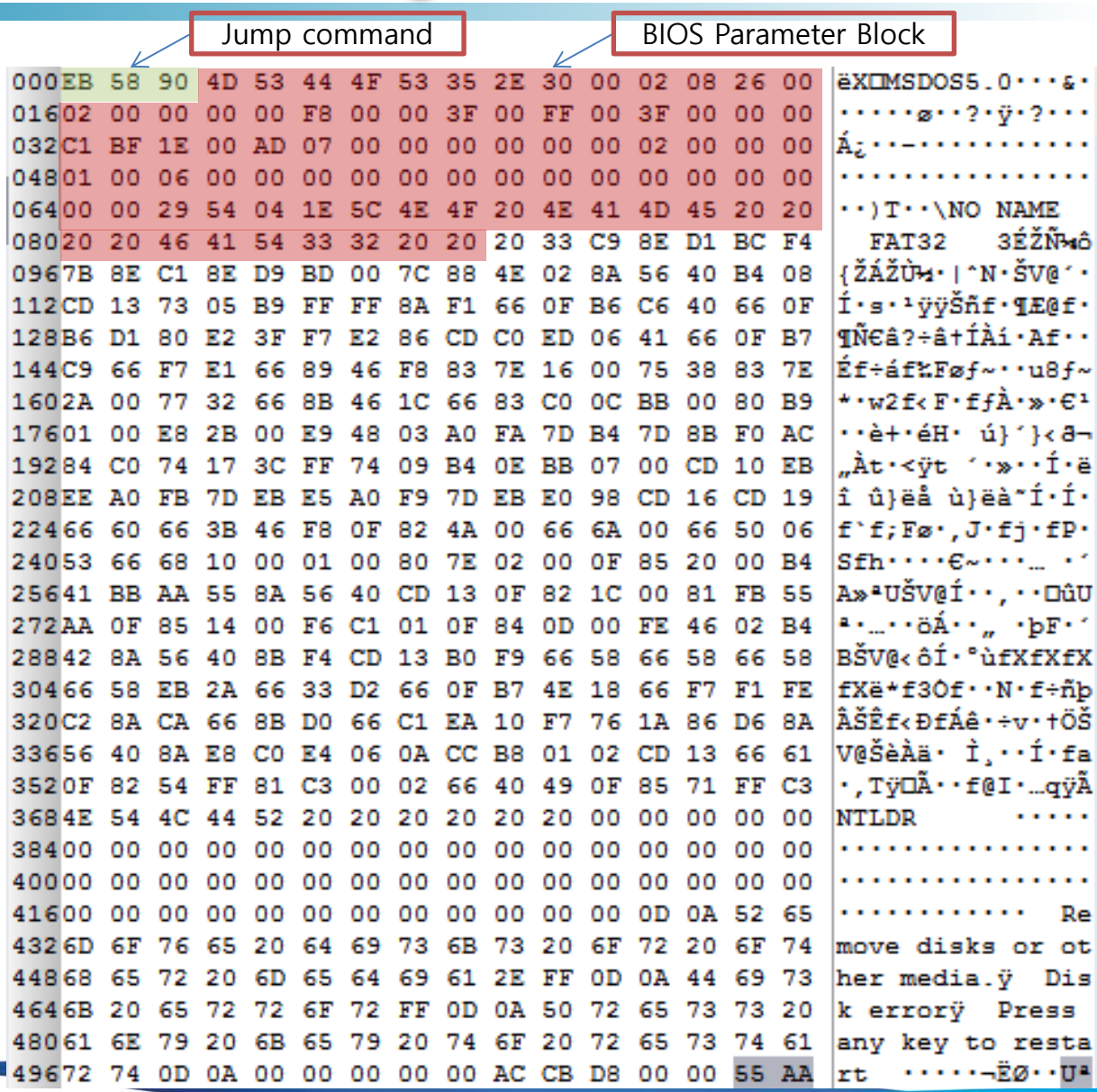
| 범위 | | 설명 |
|---|---|---|
| 10 진수 | 16 진수 | |
| 36 ~ 39 | 0x24 ~ 0x27 | FAT size 32 |
| 40 ~ 41 | 0x28 ~ 29 | Ext flags |
| 42 ~ 43 | 0x2A ~ 2B | FAT32 volume version |
| 44 ~ 47 | 0x2C ~ 0x2F | Root directory cluster offset |
| 48 ~ 49 | 0x30 ~ 0x31 | FSINFO (File System Information) offset |
| 50 ~ 51 | 0x32 ~ 0x33 | Backup boot sector offset |
| 52 ~ 63 | 0x34 ~ 0x3F | Reserved |
| 64 | 0x40 | INT 0x13 drive number (Floppy = 0x00, Hard Disk = 0x80) |
| 66 | 0x41 | Not used (typically 0) |
| 66 | 0x42 | Boot signature |
| 67 ~ 70 | 0x43 ~ 0x46 | Volume serial number |
| 71 ~ 81 | 0x47 ~ 0x51 | Volume label (ASCII) |
| 82 ~ 89 | 0x52 ~ 0x59 | File system type |
| 90 ~ 509 | 0x60 ~ 0x01FD | Boot code and error message |
| 510 ~ 511 | 0x01FE ~ 0x01FF | Signature (0x55AA) |

# FAT 파일 시스템 – 예약 영역

- Volume Boot Sector

| FAT Format | Byte Range | Description |
|---|---|---|
| FAT12/16 | 0 – 2 | Jump command to boot code |
| FAT32 | | |
| FAT12/16 | 3 – 61 | BIOS Parameter Block(BPB) |
| FAT32 | 3 – 89 | |
| FAT12/16 | 62 – 509 | Boot code Error message |
| FAT32 | 90 – 509 | |
| FAT12/16 | 510 - 511 | Signature (0x55AA) |
| FAT32 | | |

FAT 파일 시스템 부트 섹터 구조



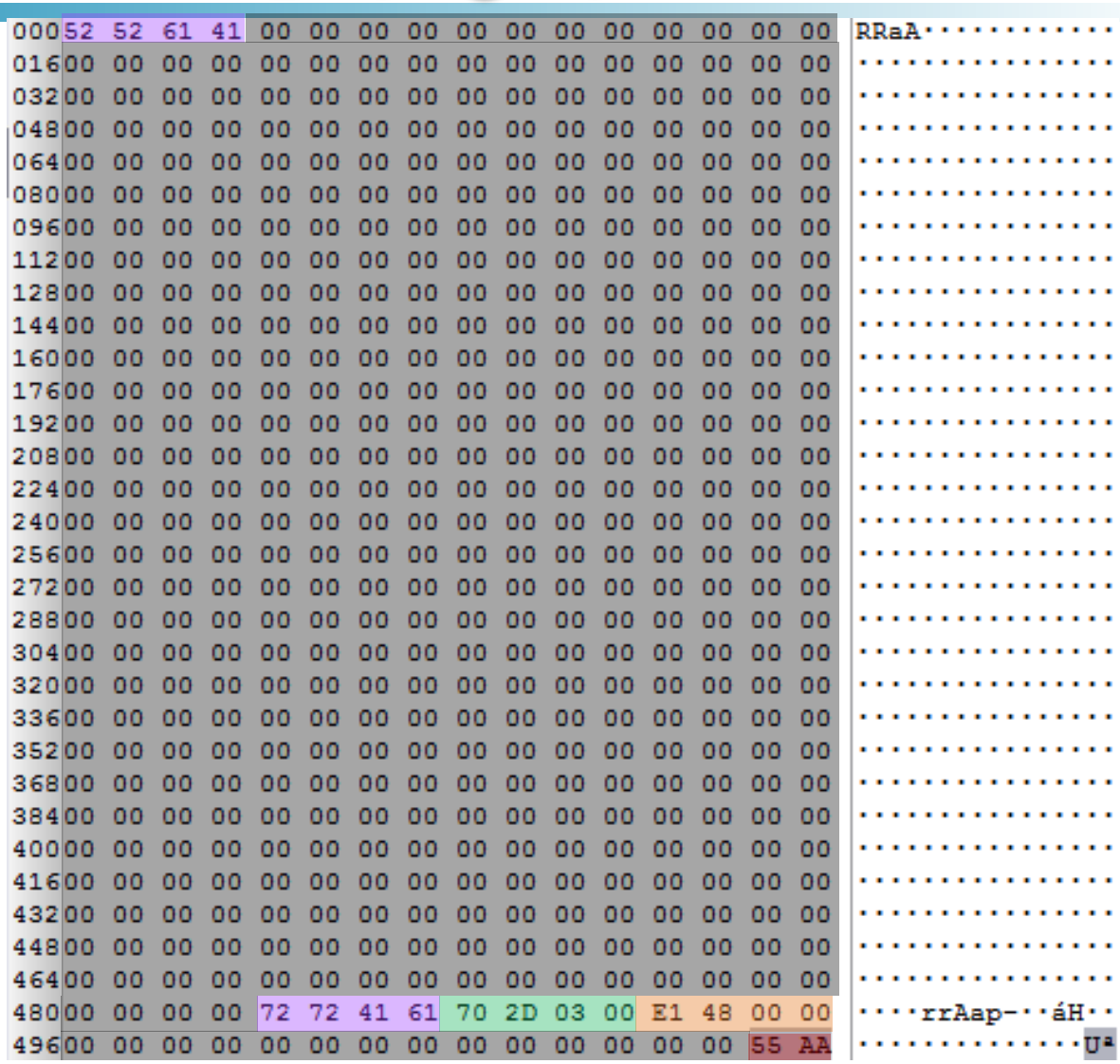

FAT32의 부트 섹터 덤프

# FAT 파일 시스템 – 예약 영역

- File System Information (FAT32)

| Byte Range | Description |
|---|---|
| 0 – 3 | Signature (0x41615252) |
| 4 – 483 | Not Used |
| 484-487 | Signature (0x61417272) |
| 488-491 | Number of free cluster |
| 492-495 | Next free cluster |
| 496-507 | Not used |
| 508-511 | Signature (0xAA550000) |

FAT32의 FSINFO 구조체 영역 데이터 구조




FAT32의 FSINFO 구조체 섹터 덤프

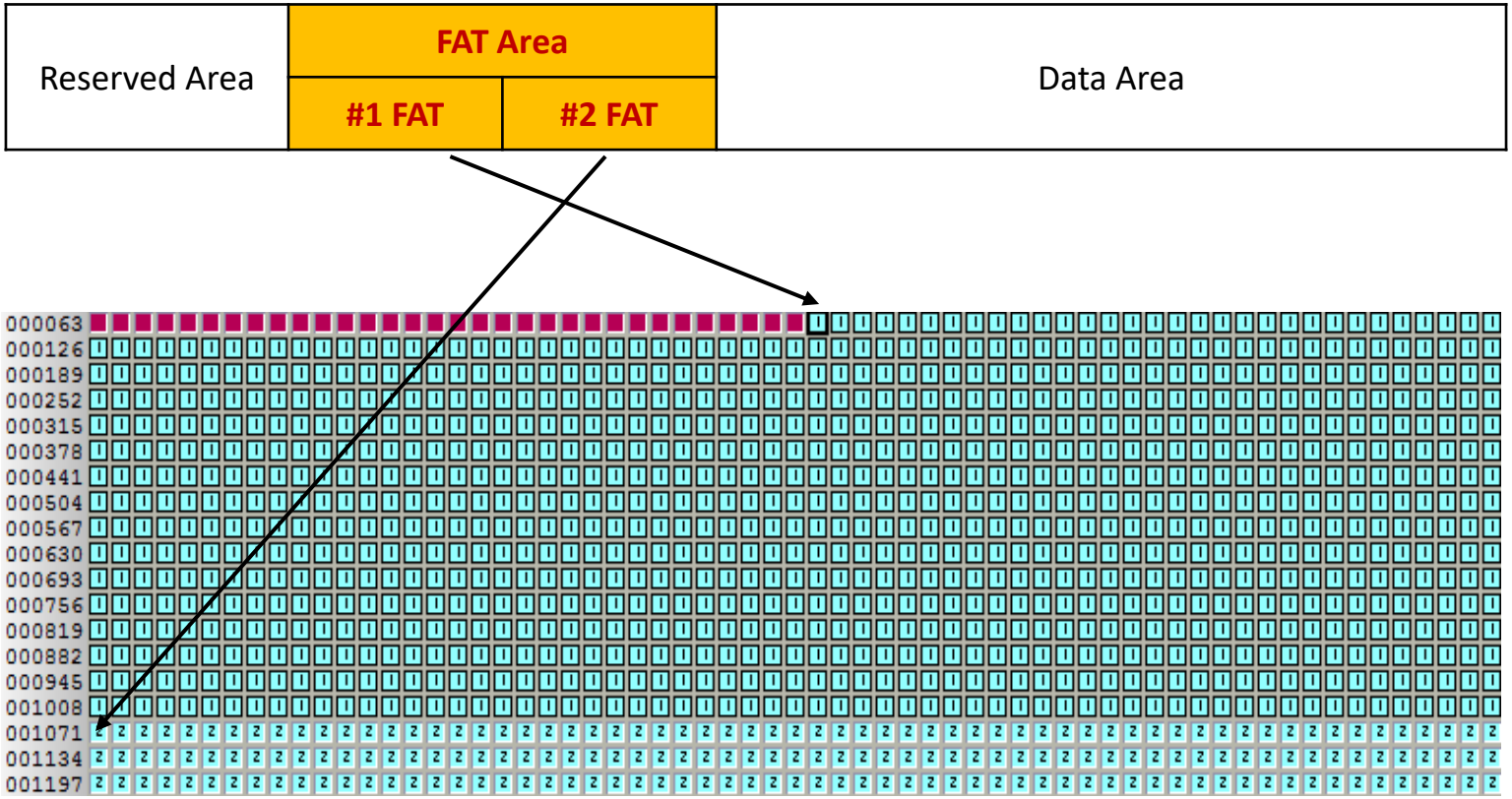
# FAT 파일 시스템 – FAT 영역

- Structure – FAT Area


- ✓ 저장된 파일의 클러스터 할당 관계를 표현 - FAT 12/16, FAT 32
- ✓ FAT (File Allocation Table) Area - #1 FAT, #2 FAT(Backup)
- ✓ FAT16은 16비트, FAT32는 32비트를 사용해 데이터 영역의 시작 클러스터부터 마지막 클러스터까지 할당 상태를 표시

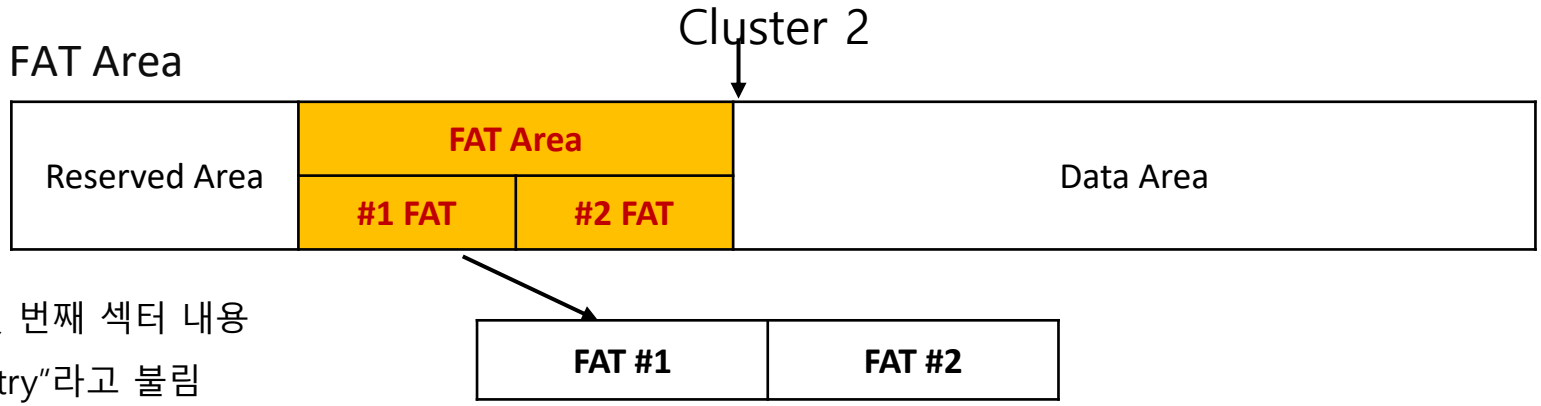
# FAT 파일 시스템 – FAT 영역

- Structure – FAT Area



# FAT 파일 시스템 – FAT 영역

- Structure – FAT Area



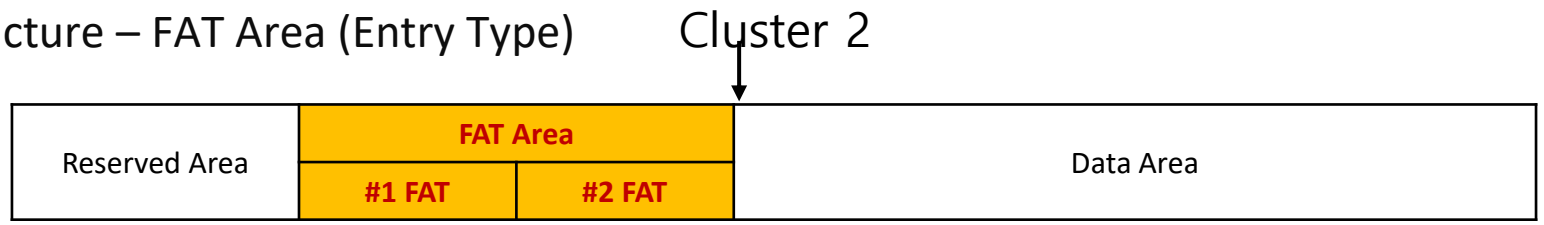

- FAT32의 FAT영역의 첫 번째 섹터 내용
- 각 4바이트는 "FAT Entry"라고 불림
- FAT Entry 0,1번은 저장 매체 종류와 파티션 상태를 표현하기 위해 예약됨
- FAT Entry 2번부터 데이터 영역의 클러스터와 대응
- 데이터영역의 시작 클러스터 번호는 2번이므로 해당 클러스터의 상태가 4바이트로 표현

| | 00 01 02 03 | 04 05 06 07 | 08 09 10 11 | 12 13 14 15 |
|---|---|---|---|---|
| 0x0000 | Media Type | Partition Status | Cluster 2 | Cluster 3 |
| 0x0010 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Cluster 7 |
| 0x0020 | Cluster 8 | Cluster 9 | Cluster 10 | Cluster 11 |
| 0x0030 | Cluster 12 | Cluster 13 | Cluster 14 | Cluster 15 |
| 0x0040 | Cluster 16 | Cluster 17 | Cluster 18 | Cluster 19 |
| 0x0050 | Cluster 20 | Cluster 21 | Cluster 22 | Cluster 23 |
| | ... ... | | | |

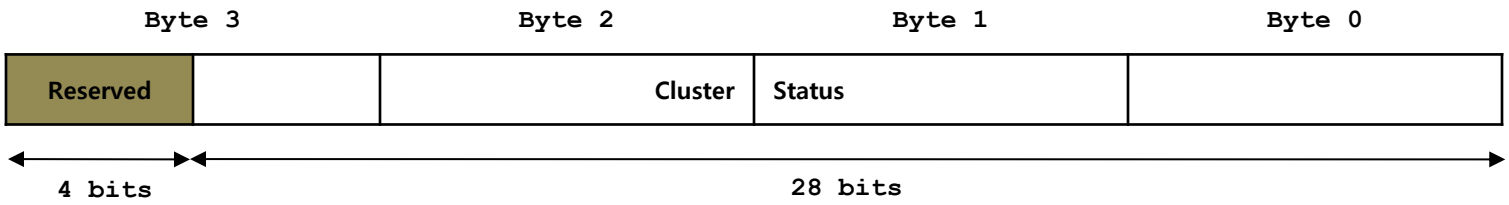
FAT32에서 FAT영역의 구조

# FAT 파일 시스템 – FAT 영역

- Structure – FAT Area (Entry Type)




| FAT 12 | FAT 16 | FAT 32 | 설명 |
|---|---|---|---|
| 0x000 | 0x0000 | 0x?0000000 | Unallocated ( Free ) cluster |
| 0x001 | 0x0001 | 0x?0000001 | Reserved cluster |
| 0x002 | 0x0002 ~ 0xEFFF | 0x?0000002 ~ 0x?FFFFFEF | Allocated cluster |
| 0xFF0 ~ 0xFF6 | 0xFFF0 ~ 0xFFF6 | 0x?FFFFFF0 ~ 0x?FFFFFF6 | Reserved cluster |
| 0xFF7 | 0xFFF7 | 0x?FFFFFF7 | Bad cluster |
| 0xFF8 | 0xFFF8 ~ 0xFFFF | 0x?FFFFFF8 ~ 0x?FFFFFFF | End-of-file marker |



# FAT 파일 시스템 – FAT 영역

- Structure – FAT Area (Entry Type)
  - 비할당 상태일 경우, 0x00의 값을 가진다. 따라서 운영체제는 새로운 파일 및 디렉터리를 저장하고자 할 경우 FAT 영역에서 FAT Entry 값이 0x00인 클러스터를 찾아 할당한다.

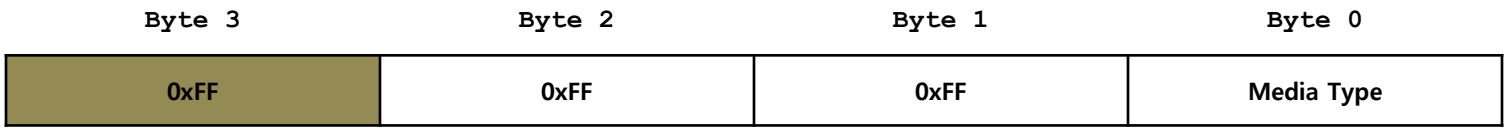
  - 할당 상태일 경우, FAT Entry의 값은 그 클러스터를 점유하고 있는 파일의 다음 데이터가 있는 클러스터를 가리킨다. 파일의 마지막 데이터가 있는 클러스터이면 마지막을 나타내는 특정 값을 사용한다. FAT12는 0xFF8보다 큰 값을 사용하고 FAT16은 0xFFF8보다 큰 값을 사용한다. 그리고 FAT32는 0x0FFF FFF8보다 큰 값을 사용한다. 만약 파일이 하나의 클러스터만 사용한다면 이 값을 사용하게 된다.

  - 만약 배드 섹터가 포함된 클러스터가 발견될 경우 FAT12에서는 0xFF7, FAT16은 0xFFF7, FAT32는 0x0FFF FFF7 값을 사용해 표시하게 된다. 표시된 클러스터는 이후에 사용되지 않는다.

# FAT 파일 시스템 – FAT 영역

- Structure – FAT Area (Entry 0 and 1)

✓ FAT Entry 0 – Media Type




| FAT 16 | FAT 32 | 설명 |
|---|---|---|
| 0xFF?? | 0x?FFFFF?? | FAT Entry 0 (Media Type) |

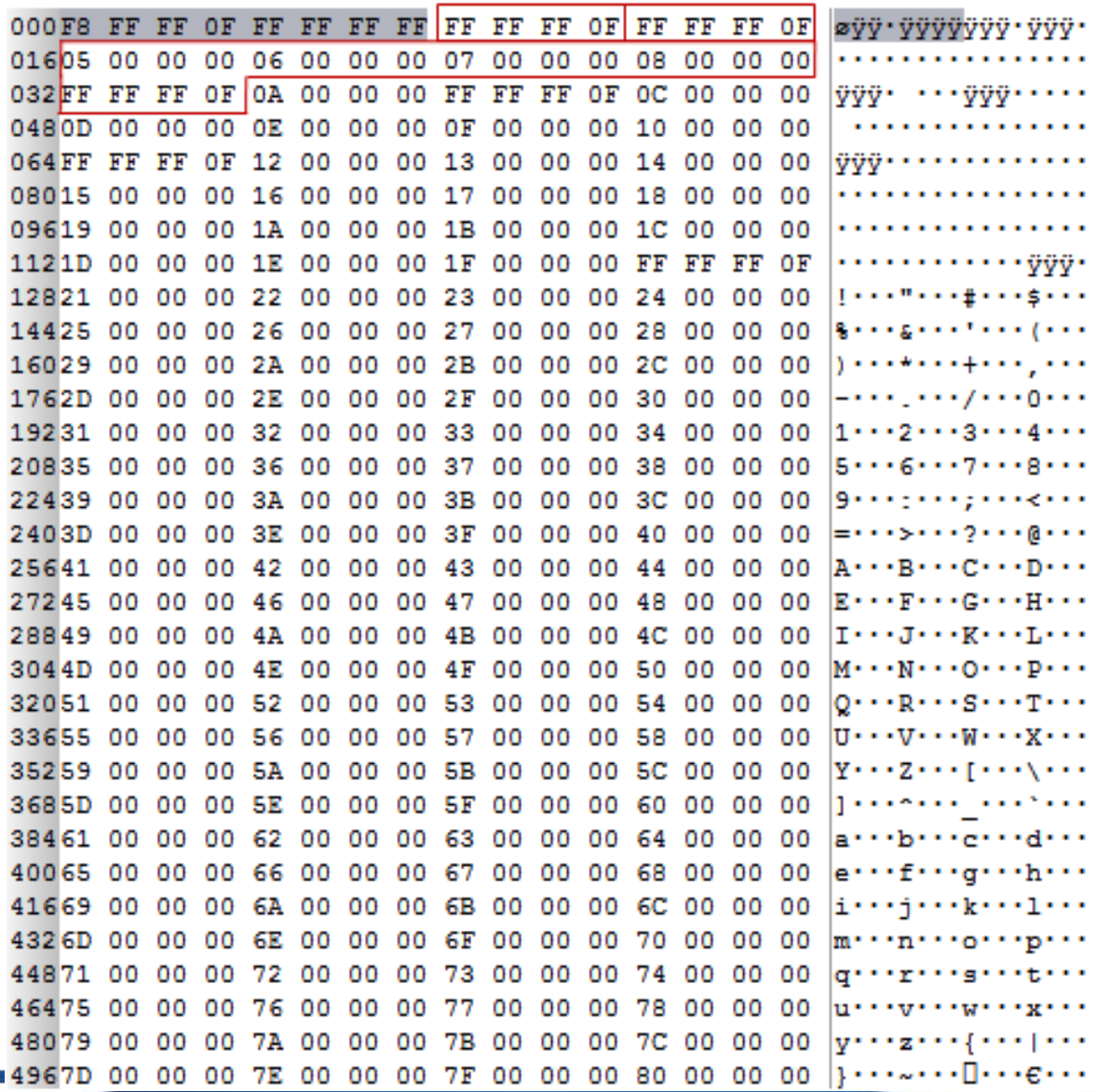
✓ FAT Entry 1 – Volume Status

| FAT 16 | FAT 32 | 설명 |
|---|---|---|
| 0x8000 | 0x80000000 | Clean Shutdown Bit Mask (상위 1 번째 비트) |
| 0x4000 | 0x40000001 | Hard Error Bit Mask (상위 2 번째 비트) |

# FAT 파일 시스템 – FAT 영역

- FAT Dump

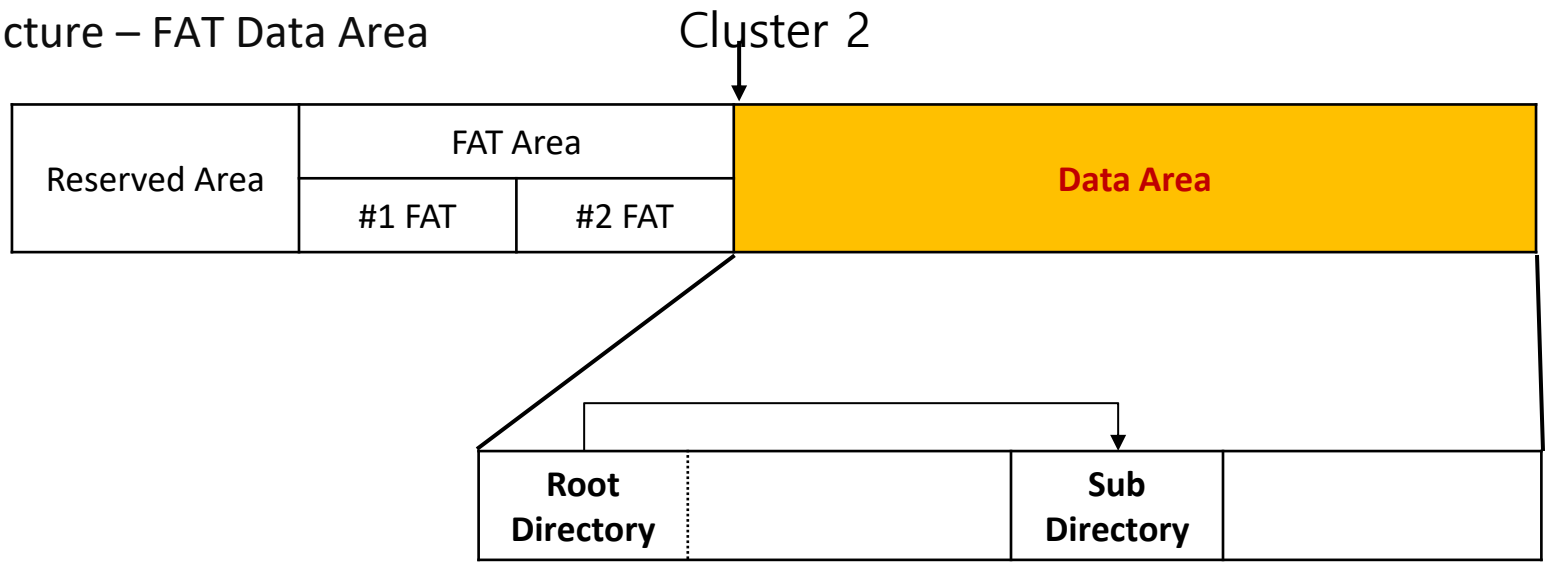
FAT32인 경우 4 바이트를 FAT Entry로 사용하기 때문에 한 섹터 당 128개의 FAT Entry를 표현할 수 있다.
FAT Entry 0, 1번은 앞서 살펴본 바와 같이 특별한 의미로 사용된다.
실제 데이터 영역의 시작은 FAT Entry 2번부터 시작한다. FAT Entry 2번의 값이 0x0FFF FFFF 값을 가지므로 해당 클러스터를 사용하는 파일은 하나의 클러스터만 사용하는 것을 알 수 있다.
FAT Entry 4번부터 할당된 파일은 모두 5개의 클러스터를 사용하는 파일임을 알 수 있다. 이처럼 FAT 영역의 정보로 특정 파일이 점유하고 있는 클러스터의 위치를 알 수 있다. 하지만 해당 파일의 이름, 확장자, 시간 정보, 정확한 크기 등을 알 수가 없다. 이러한 정보는 다음에서 살펴볼 데이터 영역의 디렉터리 엔트리를 통해 확인할 수 있다.




FAT영역의 첫 번째 섹터 덤프 결과

# FAT 파일 시스템 – 데이터 영역

- Structure – FAT Data Area



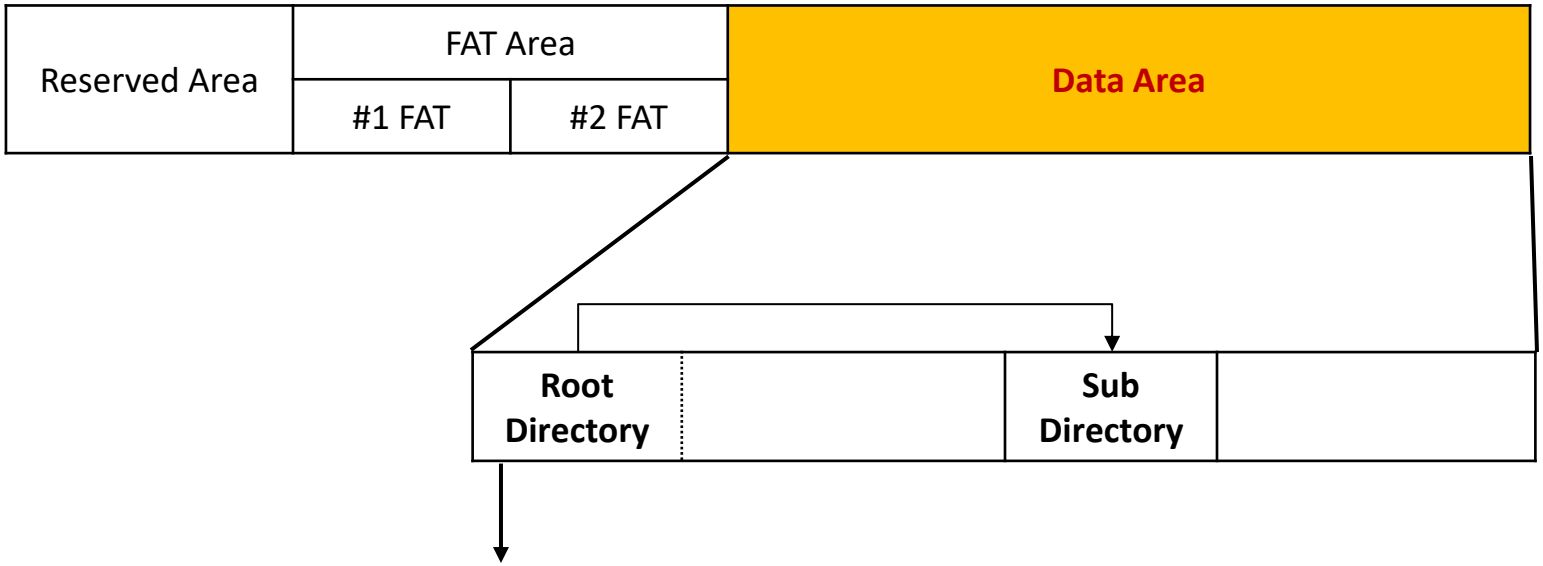

- ✓ 최상위 루트 디렉터리가 가장 중요

  - FAT12/16 : FAT Entry 2번, FAT32 : 어느 곳에나 (기본적으로는 FAT Entry 2번)

- ✓ 데이터 = 디렉터리 + 파일
- ✓ 모든 파일과 디렉터리는 하위디렉터리 및 파일의 이름, 확장자, 시간 정보, 크기 등을 표현하기 위해 Directory Entry로 표현됨

# FAT 파일 시스템 – 데이터 영역

- Structure – FAT Data Area

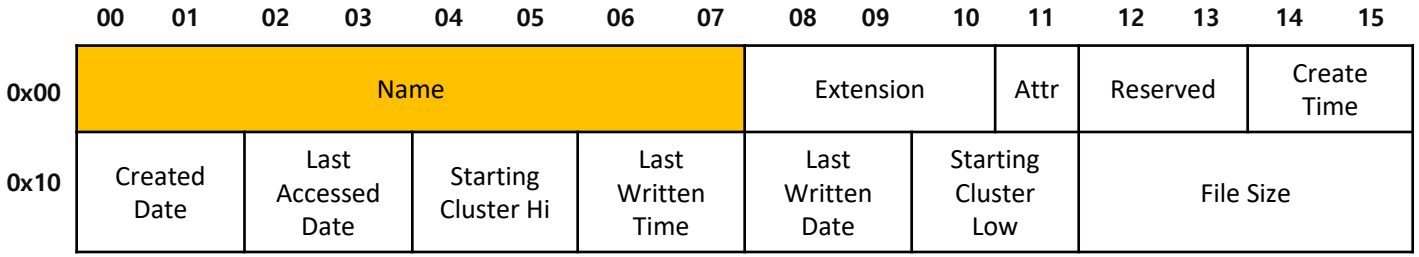



| | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x00 | Name | | | | | | | | Extension | | | Attr | Reserved | | Create Time | |
| 0x10 | Created Date | | | Last Accessed Date | | Starting Cluster Hi | | Last Written Time | | Last Written Date | | Starting Cluster Low | File Size | | | |

Directory Entry구조

# FAT 파일 시스템 – 데이터 영역

- Structure – FAT Data Area (Directory Entry – Name)

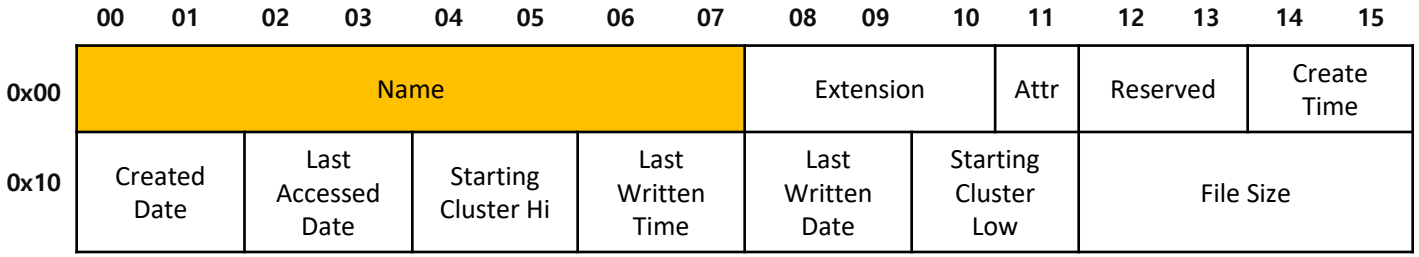



- ✓ 첫 번째 바이트가 0xE5 값을 가진다면 해당 엔트리는 삭제되었음을 의미
  - ➢ 첫 번째 바이트 값만 변경되고 나머지 값은 초기화하지 않기 때문에 파일의 정보 및 내용을 복구할 수 있음
- ✓ 첫 번째 바이트가 0x00의 값을 가진다면 해당 엔트리는 사용되지 않는 엔트리
  - ➢ 이후에 엔트리가 존재하지 않는다는 것을 의미하므로 더 이상 검색할 필요가 없음

- ✓ 파일 이름 또는 디렉토리 이름의 문자 제한
  - 영어 대문자 : A ~ Z (소문자는 대문자로 변환)
  - 숫자 : 0 ~ 9
  - 특수 문자 : $ % ` - _ @ ~ ! ( ) { } ^ # &

# FAT 파일 시스템 – 데이터 영역

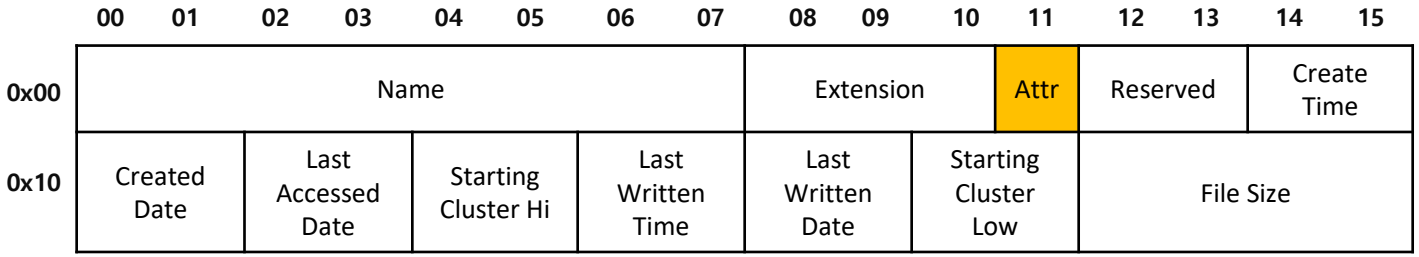
- Structure – FAT Data Area (Directory Entry – Name)




| File Name | Name + Extender (11 bytes) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FOO.BAR | F | O | O | | | | | | B | A | R |
| FILEDATA.DOC | F | I | L | E | D | A | T | A | D | O | C |
| foo | F | O | O | | | | | | | | |
| foo.bar | F | O | O | | | | | | B | A | R |
| Pickle.A | P | I | C | K | L | E | | | A | | |
| .BIG | 잘못된 표현. Name[0]에 0x20이 올 수 없음 | | | | | | | | | | |
| HELLO!.JPG | 잘못된 표현. 특수("!") 문자 허용 안됨 | | | | | | | | | | |

# FAT 파일 시스템 – 데이터 영역

- Structure – FAT Data Area (Directory Entry – Attribute)

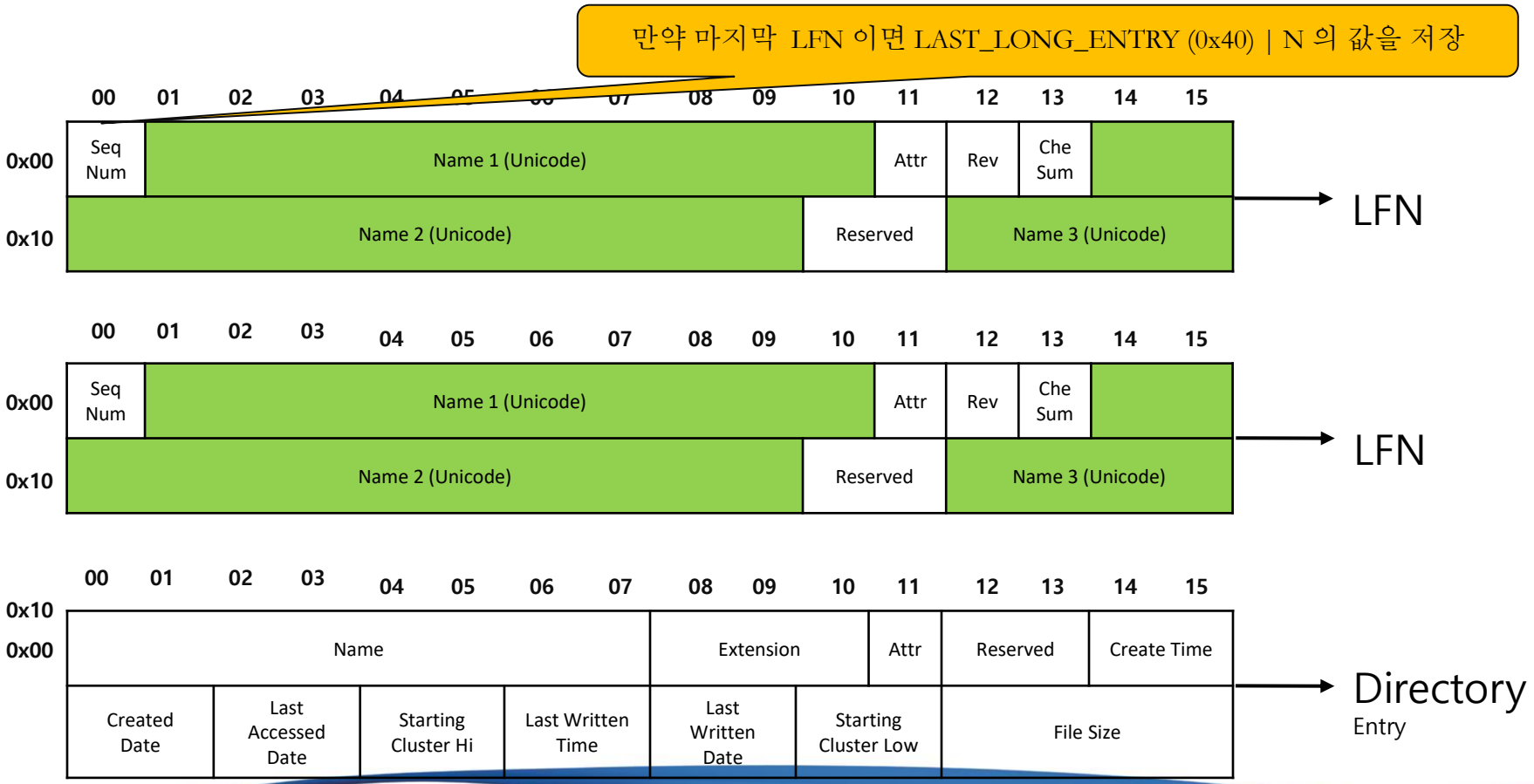



| Attribute | 설 명 |
|---|---|
| 0000 0001 | Read only |
| 0000 0010 | Hidden file |
| 0000 0100 | System file |
| 0000 1000 | Volume label |
| 0000 1111 | Long file name (LFN) |
| 0001 0000 | Directory |
| 0010 0000 | Archive |

Directory Entry의 속성

# FAT 파일 시스템 – 데이터 영역

- LFN – Long File Name
  - 8바이트보다 긴 파일 이름 표현 위해 사용(유니코드로 표현)
  - 여러 개의 LFN Entry사용할 경우 순서번호는 이러한 여러 개의 LFN Entry의 관계를 나타냄

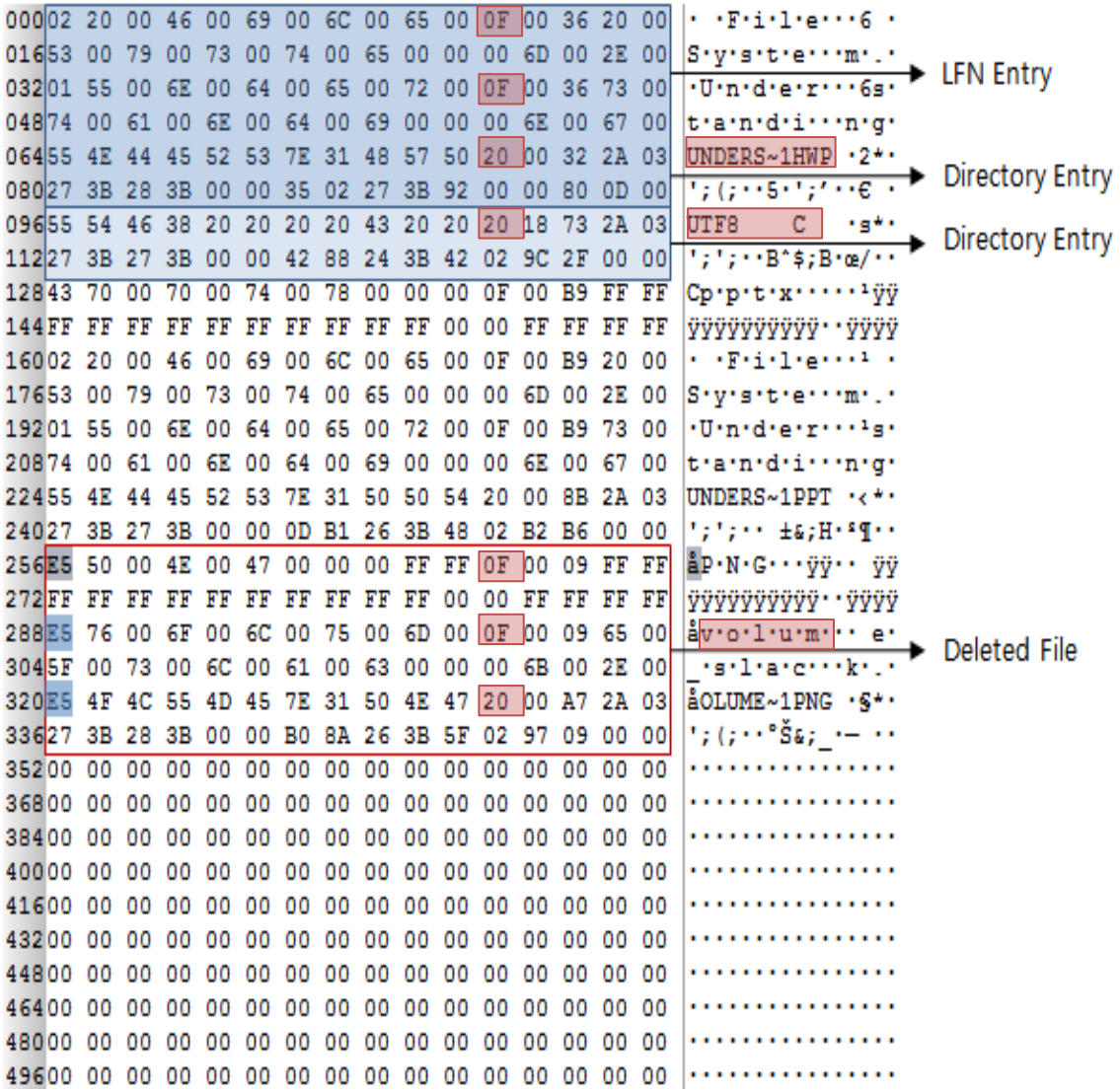


# FAT 파일 시스템 – 데이터 영역

LFN Entry 데이터 구조

| 범위(Byte Range) | | 설 명 |
|---|---|---|
| 십진수 | 십육진수 | |
| 0 - 0 | 0x0000 - 0x0000 | Sequence number or status byte |
| 1 - 10 | 0x0001 - 0x000A | LFN character 1-5 (Unicode) |
| 11 - 11 | 0x000B - 0x000B | Attributes |
| 12 - 12 | 0x000C - 0x000C | Reserved |
| 13 - 13 | 0x000D - 0x000D | Checksum |
| 14 - 25 | 0x000E - 0x0019 | LFN character 6-11 (Unicode) |
| 26 - 27 | 0x001A - 0x001B | Reserved |
| 28 - 31 | 0x001C - 0x001F | LFN character 12-13 (Unicode) |

# FAT 파일 시스템 – 데이터 영역




Directory Entry 덤프

- Understanding File System.HWP

이름의 길이가 8 바이트를 초과하기 때문에 추가적으로 2개의 LFN 엔트리를 사용해 표현

- utf8.c

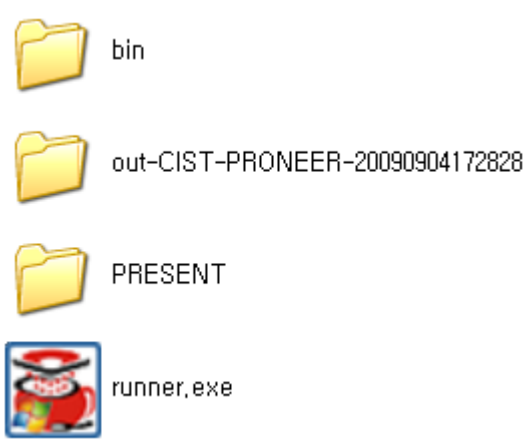
이름의 길이가 8 바이트를 초과하지 않아 하나의 디렉터리 엔트리로 표현

- volume_slack.png

2개의 LFN 엔트리를 사용해 표현되었다. 하지만 디렉터리 엔트리의 첫 바이트가 0xE5 값을 가지는 것으로 보아 현재 삭제되었음

# FAT 파일 시스템 – 데이터 영역

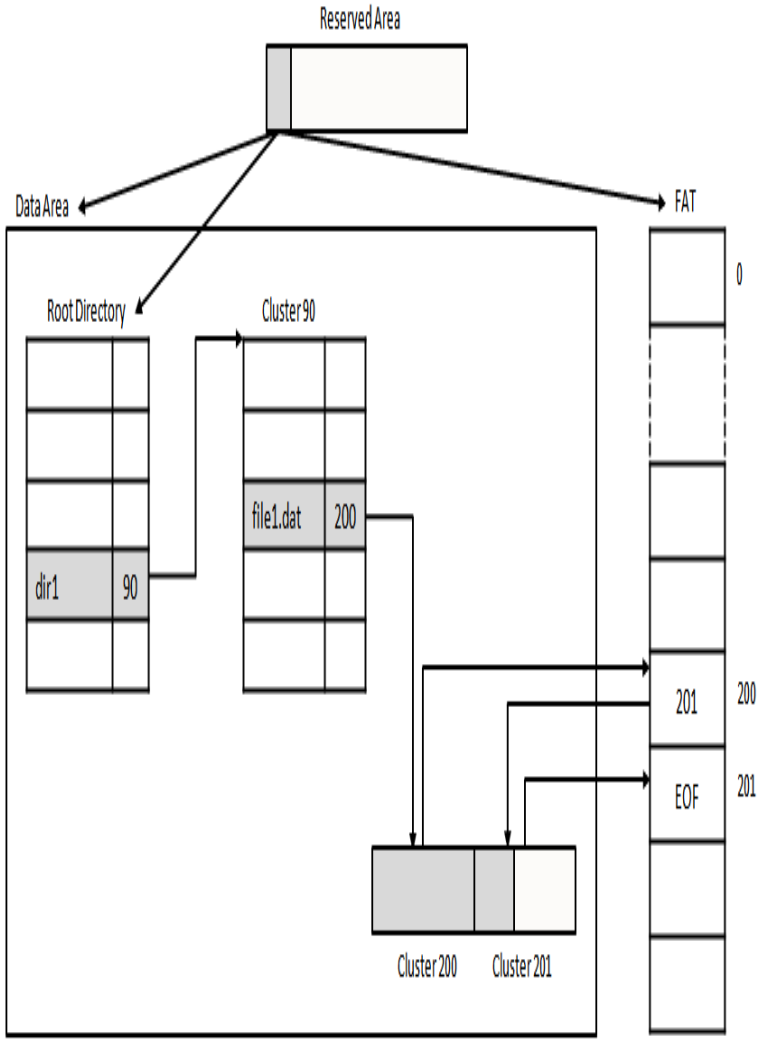
- Root Directory




```
00043 4F 46 45 45 20 20 20 20 20 20 08 00 00 00 00  COFEE      ·····
01600 00 00 00 00 00 0E 71 24 3B 00 00 00 00 00 00  ·······q$;·····
032E5 44 45 4C 54 45 4D 50 20 20 20 22 00 80 17 5A  åDELTEMP   "·€·Z
04824 3B 24 3B 00 00 05 71 24 3B 03 00 00 70 60 3D  $;$;···q$;···p`=
064E5 53 00 44 00 45 00 4C 00 54 00 0F 00 81 45 00  åS·D·E·L·T···□E·
0804D 00 50 00 31 00 00 00 FF FF 00 00 FF FF FF FF  M·P·1···ÿÿ··ÿÿÿÿ
096E5 44 45 4C 54 45 7E 31 20 20 20 22 00 17 04 71  åDELTE~1   "···q
11224 3B 24 3B 00 00 05 71 24 3B 00 00 00 00 00 00  $;$;···q$;·····
128E5 53 00 44 00 45 00 4C 00 4D 00 0F 00 5D 46 00  åS·D·E·L·M···]F·
14454 00 30 00 30 00 30 00 30 00 00 00 30 00 30 00  T·0·0·0·0···0·0·
160E5 44 45 4C 4D 46 7E 31 20 20 20 22 00 1A 04 71  åDELMF~1   "···q
17624 3B 24 3B 00 00 05 71 24 3B 00 00 00 00 00 00  $;$;···q$;·····
19242 49 4E 20 20 20 20 20 20 20 20 10 08 A0 0D 71  BIN        ··  q
20824 3B 24 3B 03 00 0E 71 24 3B 02 00 00 00 00 00  $;$;···q$;·····
22452 55 4E 4E 45 52 20 20 45 58 45 20 18 B2 15 71  RUNNER  EXE ·²·q
24024 3B 2A 3B 03 00 AC 90 55 38 FE 00 69 60 0A 00  $;*;···¬□U8þ·i` ·
25643 37 00 32 00 38 00 32 00 38 00 0F 00 CA 00 00  C7·2·8·2·8···Ê··
272FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF 00 00 FF FF FF FF  ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ··ÿÿÿÿ
28802 45 00 45 00 52 00 2D 00 32 00 0F 00 CA 30 00  ·E·E·R·-·2···Ê0·
30430 00 39 00 30 00 39 00 30 00 00 00 34 00 31 00  0·9·0·9·0···4·1·
32001 6F 00 75 00 74 00 2D 00 43 00 0F 00 CA 49 00  ·o·u·t·-·C···ÊI·
33653 00 54 00 2D 00 50 00 52 00 00 00 4F 00 4E 00  S·T·-·P·R···O·N·
3524F 55 54 2D 43 49 7E 31 20 20 20 10 00 8B 8E 8B  OUT-CI~1   ··‹Ž‹
36824 3B 24 3B 03 00 8F 8B 24 3B D8 0D 00 00 00 00  $;$;··□‹$;Ø ····
38452 45 43 59 43 4C 45 52 20 20 20 17 00 BB 82 7E  RECYCLER   ··»‚~
40028 3B 28 3B 00 00 83 7E 28 3B 7F 48 00 00 00 00  (;(;··ƒ~(;□H····
41641 55 54 4F 52 55 4E 20 49 4E 46 27 18 A8 83 7E  AUTORUN INF'·¨ƒ~
43228 3B 2B 3B 00 00 8B 7E 28 3B 85 48 1A 01 00 00  (;+;··‹~(;…H····
448E5 49 00 6D 00 6A 00 69 00 6E 00 0F 00 8C 2E 00  åI·m·j·i·n···Œ.·
46462 00 6D 00 70 00 00 00 FF FF 00 00 FF FF FF FF  b·m·p···ÿÿ··ÿÿÿÿ
480E5 4D 4A 49 4E 20 20 20 42 4D 50 20 00 4E 86 7E  åMJIN   BMP ·N†~
49628 3B 28 3B 00 00 6E 7E 28 3B 86 48 6E FA 0E 00  (;(;··n~(;†Hnú··
```

# FAT 파일 시스템 – 파일의 할당으로 인한 변화 요소

1. 예약된 영역의 부트 섹터에 있는 BPB에서 데이터 영역, 루트 디렉터리, FAT 영역의 위치를 얻어온다.
2. ₩dir1 디렉터리의 정보를 얻기 위해 루트 디렉터리에서 ₩dir1에 해당하는 디렉터리 엔트리를 검색한다. 그 결과 ₩dir1 디렉터리 정보를 가지는 시작 클러스터가 90번임을 확인했다.
3. 클러스터 90번에서 file1.dat 파일의 메타 정보를 저장할 디렉터리 엔트리를 찾는다. 첫 번째 바이트가 0xE5 값을 갖는 삭제된 디렉터리 엔트리가 없다면 마지막의 0x00 값을 갖는 새로운 디렉터리 엔트리를 할당한다.
4. fil1.dat 파일의 내용을 저장할 클러스터를 찾기 위해 FAT 영역을 검색하여 0x00 값을 갖는 FAT Entry를 찾은 결과 클러스터 200번에 해당하는 FAT Entry 200번이 선택되었다.
5. FAT Entry 200번에 "0x0FFF FFFF" 값을 기록하고, 디렉터리 엔트리의 시작 클러스터 번호를 200번으로 기록한다.
6. file1.dat 파일의 처음 4,096 바이트의 내용을 클러스터 200번에 기록한다. 그 결과 1,904 바이트의 내용이 남았다.
7. 남은 1,904 바이트의 내용을 다시 기록하기 위해 FAT 영역에서 또 다른 빈 FAT Entry를 찾는다. 그 결과 FAT Entry 201번이 선택되었다.
8. FAT Entry 200번의 값을 FAT Entry 201을 가리키도록 "201"로 수정한 후 FAT Entry 201번의 값은 클러스터 체인의 마지막을 나타내는 "0x0FFF FFFF" 값으로 기록한다.
9. 남은 1,904 바이트의 내용을 클러스터 201번에 기록한다. 기록 결과 144 바이트의 램 슬랙과 2,048 바이트의 파일 슬랙이 생성되었다.




₩dir1₩file1.dat 파일 할당 시 FAT 파일 시스템 변화

# FAT 파일 시스템 – 파일의 삭제로 인한 변화 요소

1. 예약된 영역의 부트 섹터에 있는 BPB에서 데이터 영역, 루트 디렉터리, FAT 영역의 위치를 얻어온다.

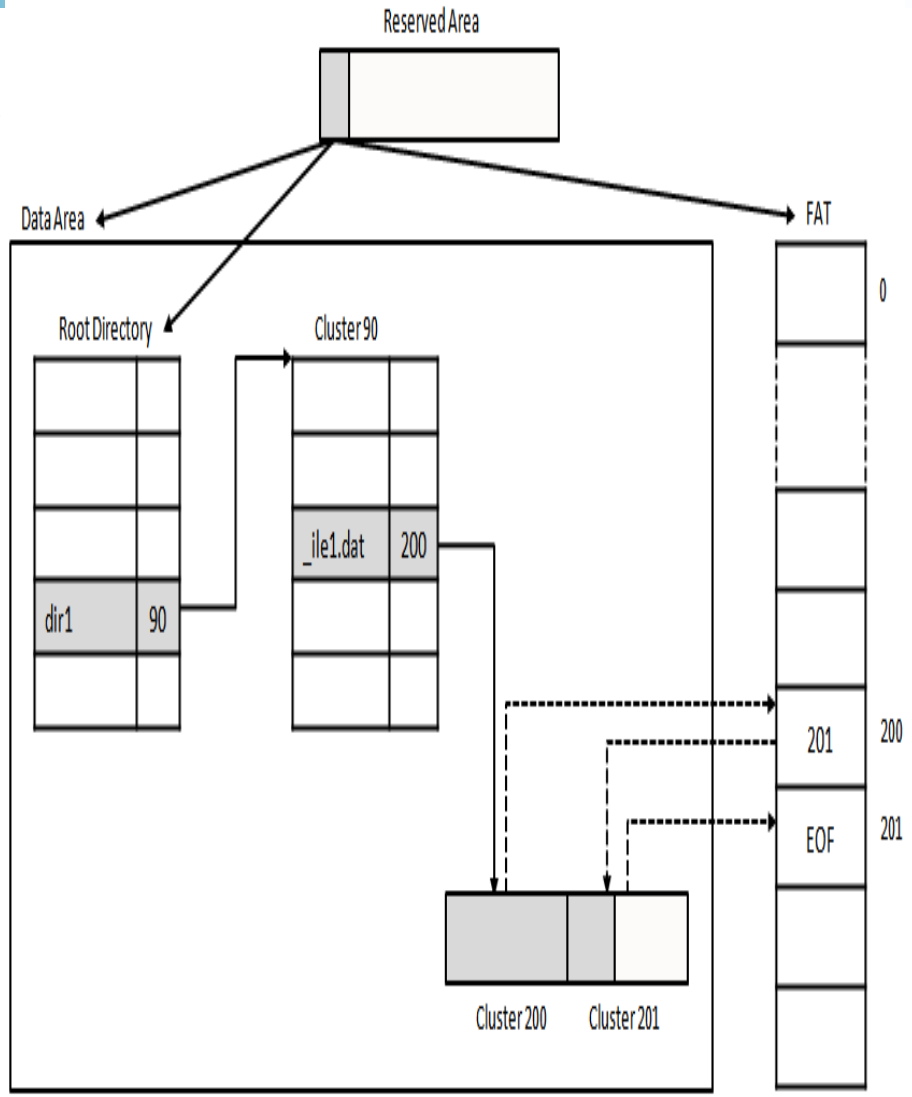
2. ₩dir1 디렉터리의 정보를 얻기 위해 루트 디렉터리에서 ₩dir1에 해당하는 디렉터리 엔트리를 검색한다. 그 결과 ₩dir1 디렉터리 정보를 가지는 시작 클러스터가 90번임을 확인했다.

3. 클러스터 90번에서 디렉터리 엔트리들을 검색하여 file1.dat 파일 이름을 가지는 디렉터리 엔트리를 찾는다. 그 결과 해당 파일의 시작 클러스터가 200번임이 확인되었다.

4. FAT Entry의 클러스터 체인을 확인 결과 해당 파일이 클러스터 200, 201번을 사용한다는 것이 확인되었다.

5. FAT Entry 200, 201번의 값을 0x00으로 초기화한다.

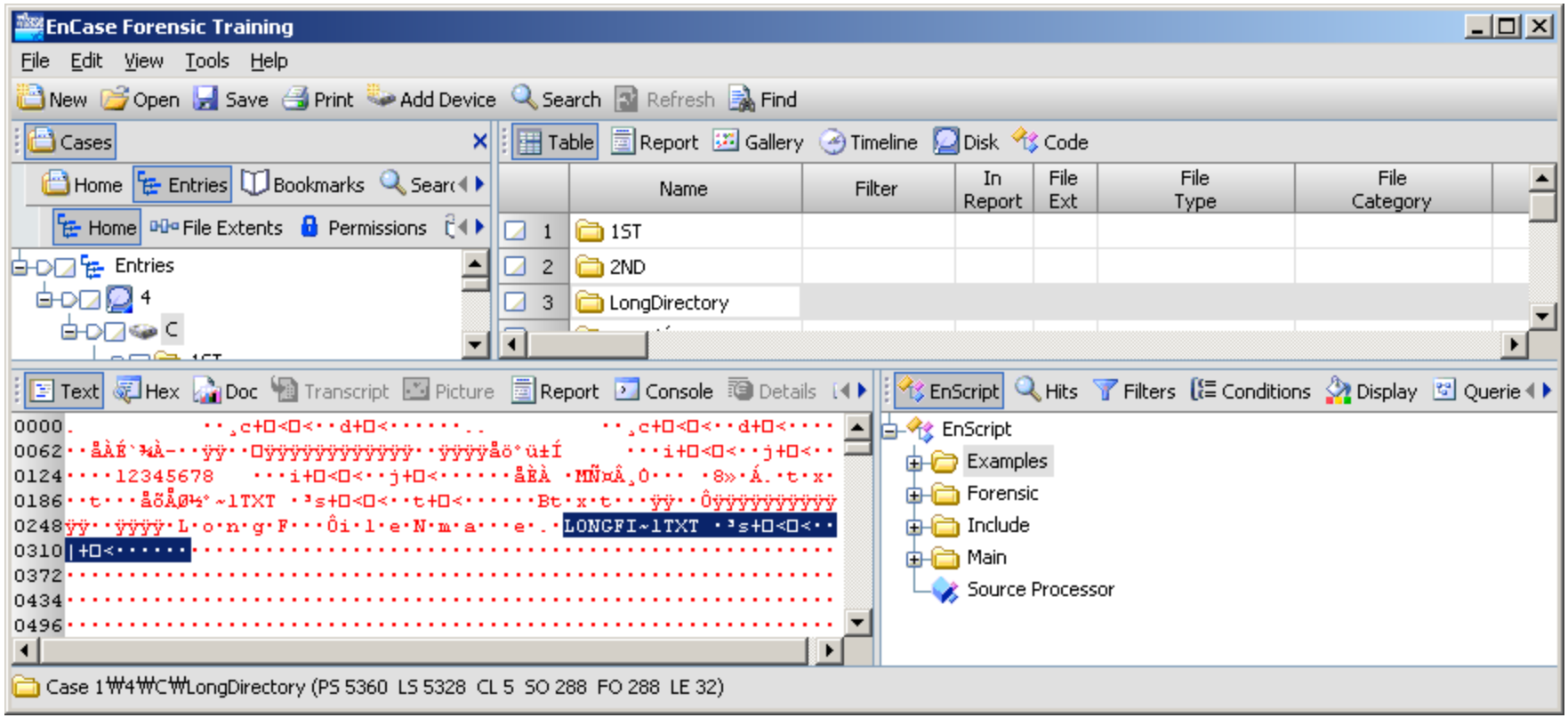
6. file1.dat 파일의 디렉터리 엔트리의 오프셋 0x00 위치의 값을 0xE5로 변경한다.




**₩dir1₩file1.dat 파일 삭제 시 FAT 파일 시스템 변화**

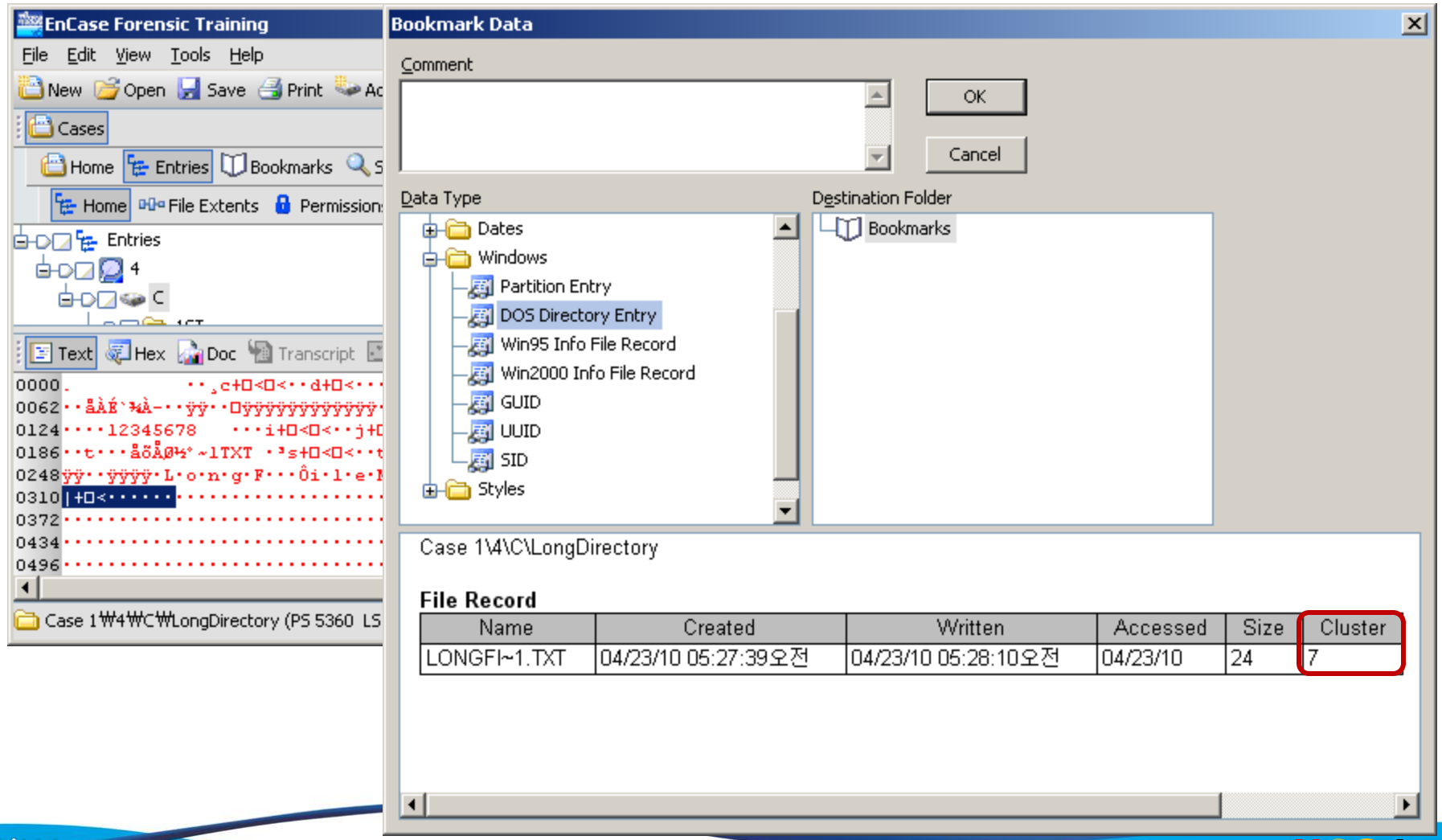
# FAT 파일 시스템 – The Function of FAT

- How a File is stored (1/4)



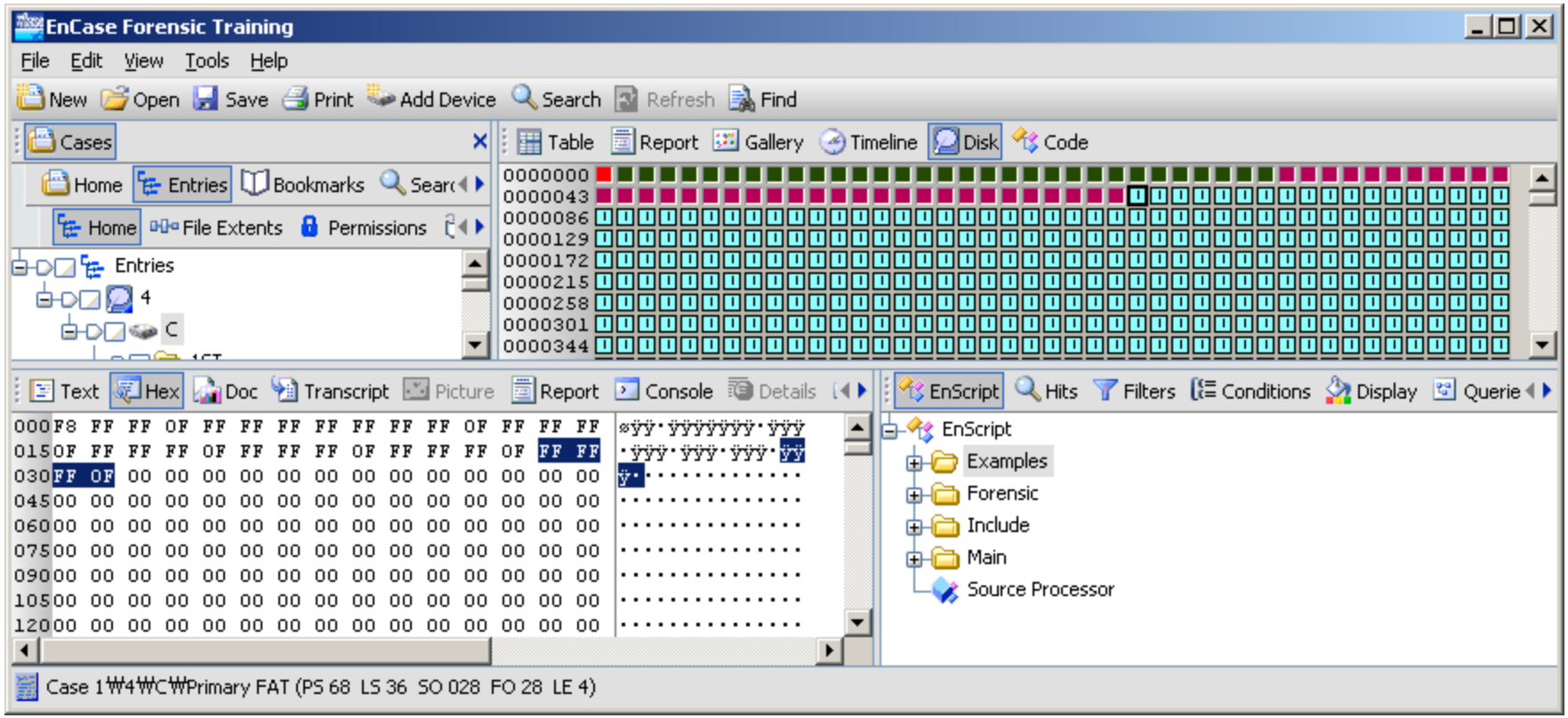
# FAT 파일 시스템 – The Function of FAT

- How a File is stored (2/4)



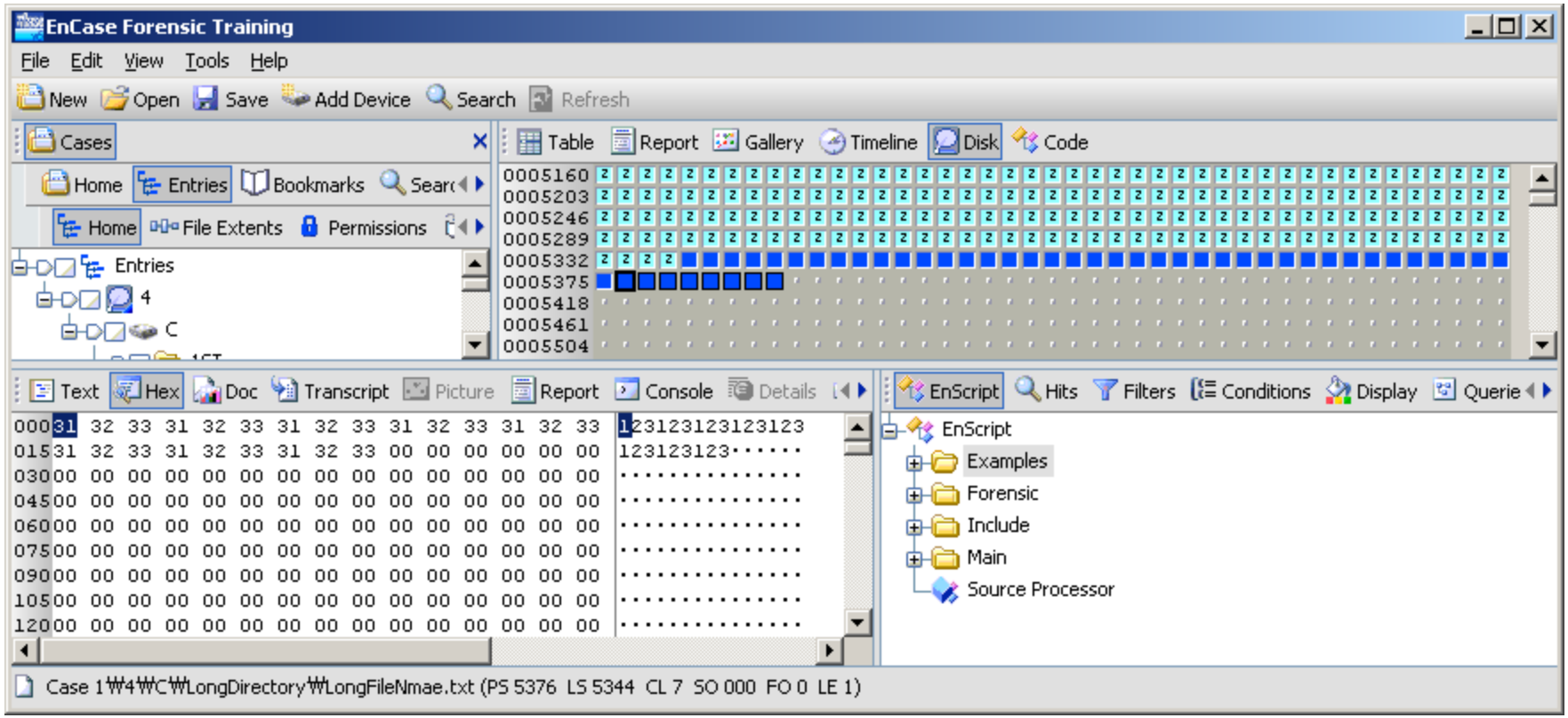
# FAT 파일 시스템 – The Function of FAT

- How a File is stored (3/4)



# FAT 파일 시스템 – The Function of FAT

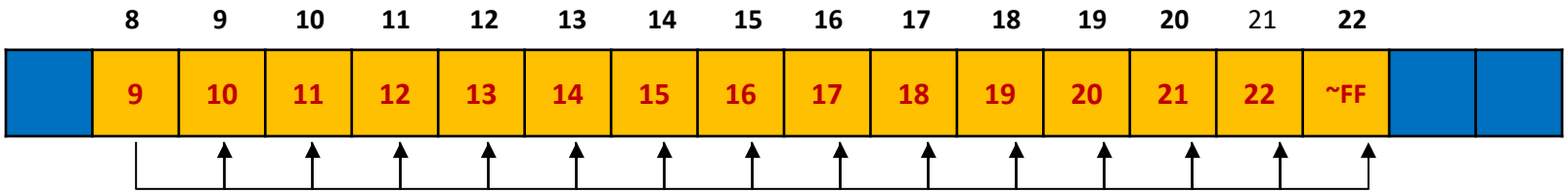
- How a File is stored (4/4)



# FAT 파일 시스템 – The Function of FAT

- The Effects of Deleting and Undeleting Files

✓ C:\1ST\file1234.txt (58,242 bytes) 파일의 FAT Entry 구성




Root Directory

| Name | Staring Cluster |
|---|---|
| | |
| 1ST | 3 |
| | |
| | |

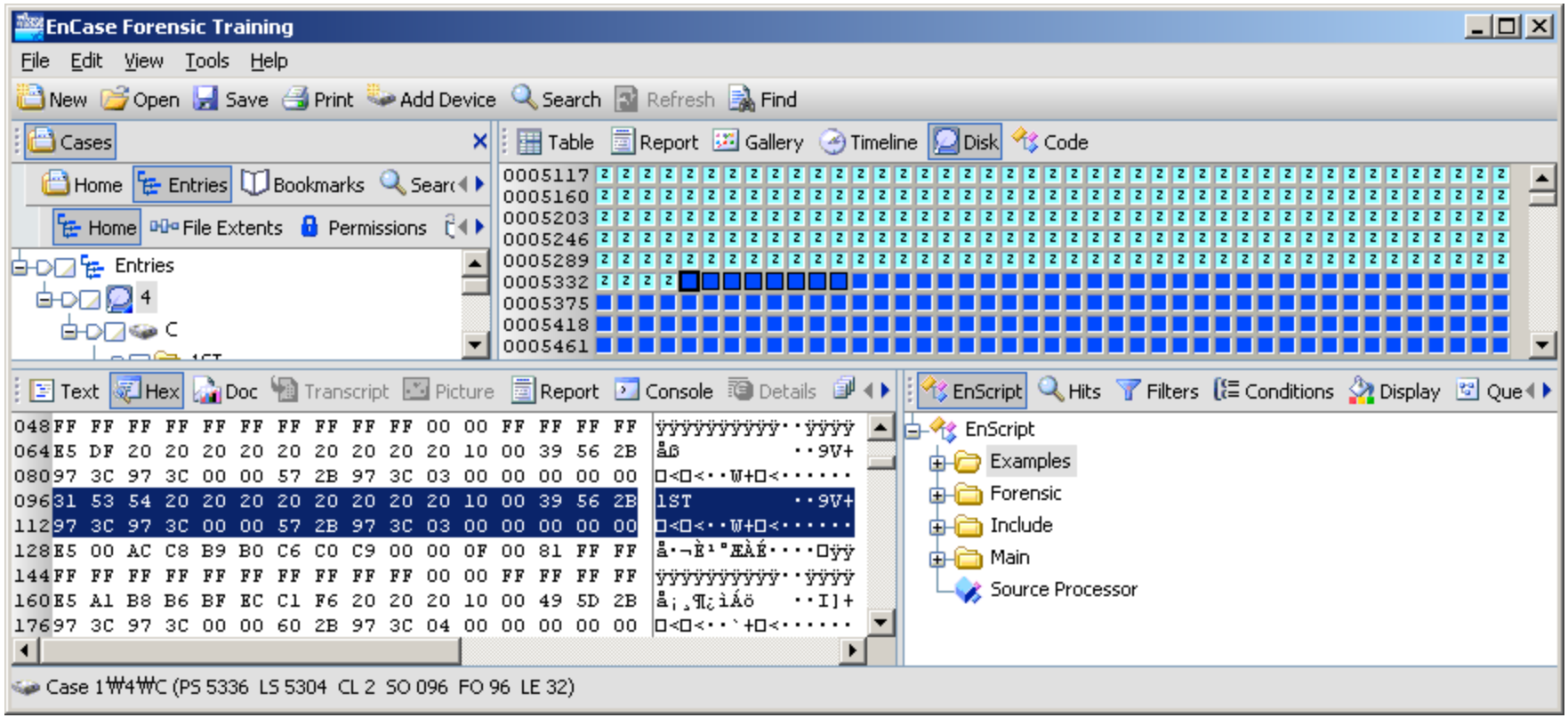
Cluster 3

| | |
|---|---|
| File1234.txt | 8 |
| | |
| | |
| | |

# FAT 파일 시스템 – The Function of FAT

- The Effects of Deleting and Undeleting Files

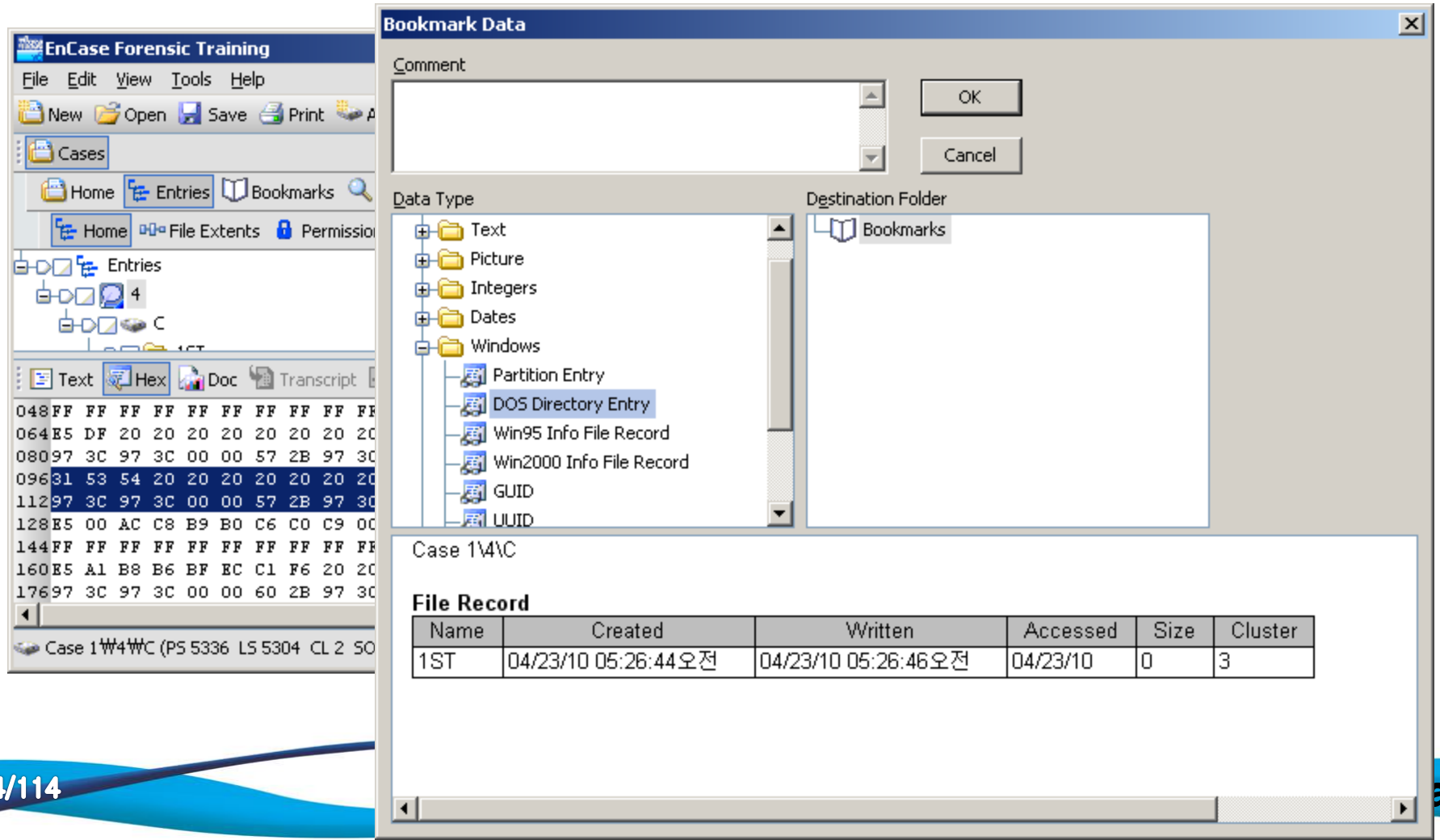
  - ✓ C:\1ST\file1234.txt (58,242 bytes) 파일의 위치 찾기



# FAT 파일 시스템 – The Function of FAT

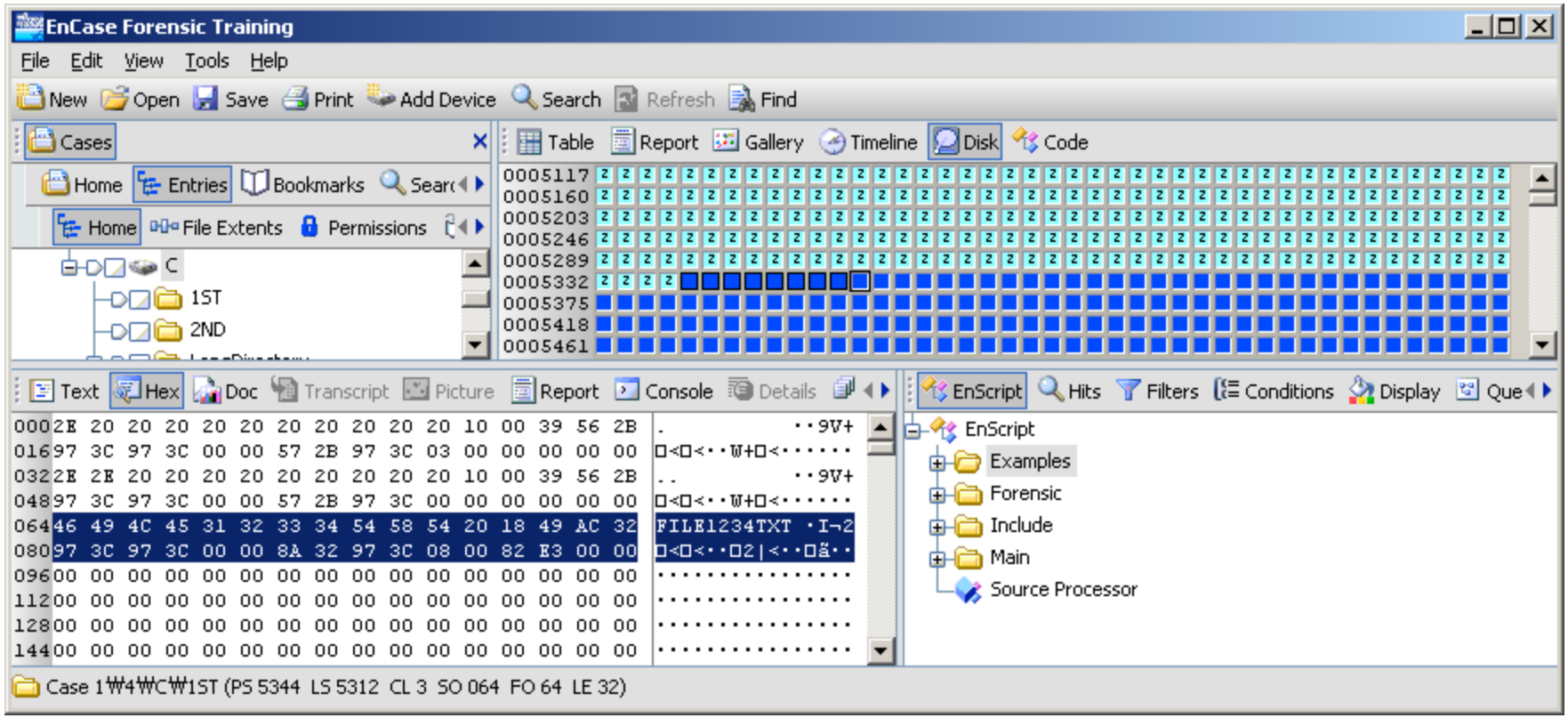
- The Effects of Deleting and Undeleting Files

  - ✓ C:\1ST\file1234.txt (58,242 bytes) 파일의 위치 찾기



# FAT 파일 시스템 – The Function of FAT

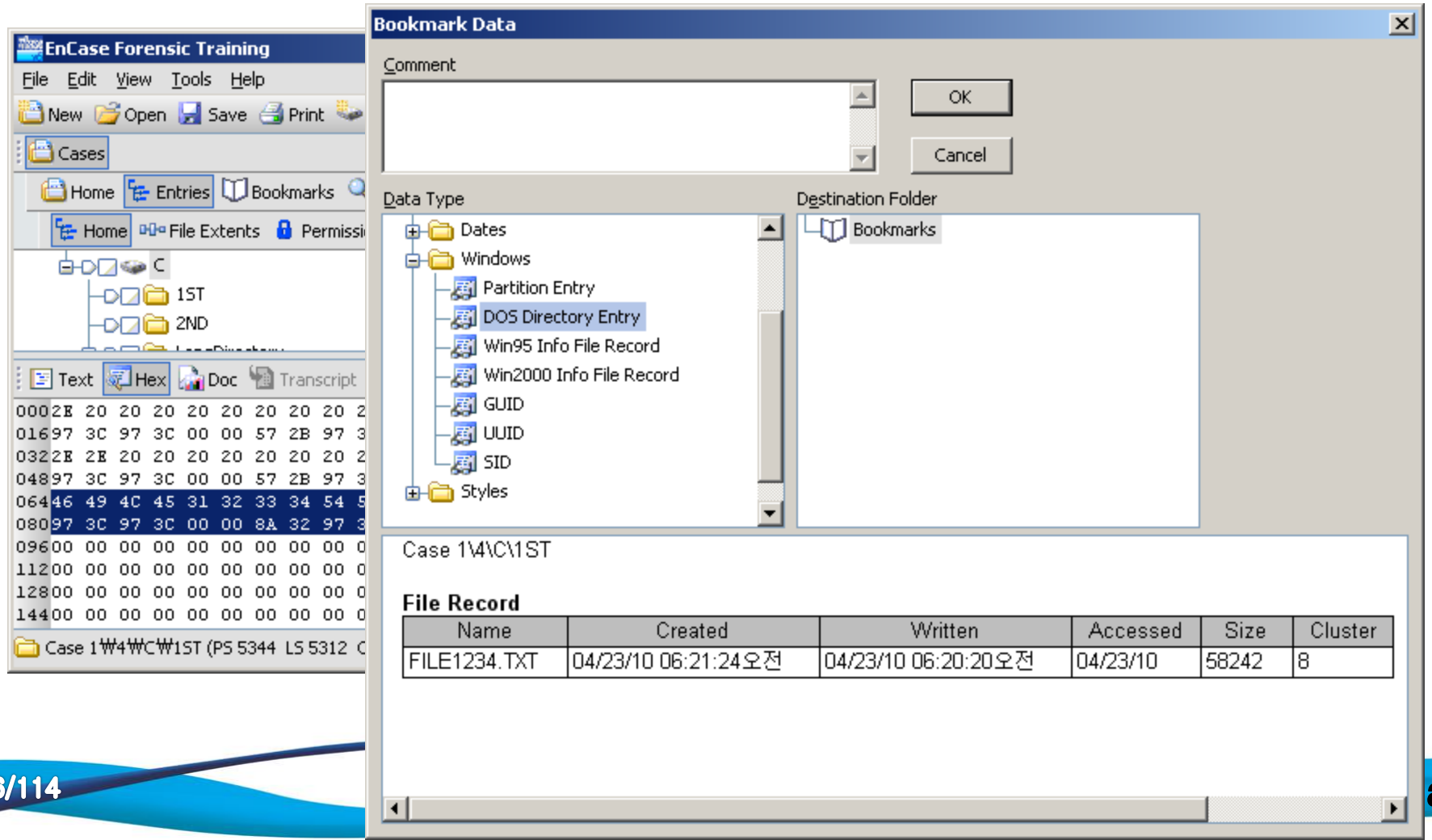
- The Effects of Deleting and Undeleting Files
  - ✓ C:\1ST\file1234.txt (58,242 bytes) 파일의 위치 찾기



# FAT 파일 시스템 – The Function of FAT

- The Effects of Deleting and Undeleting Files

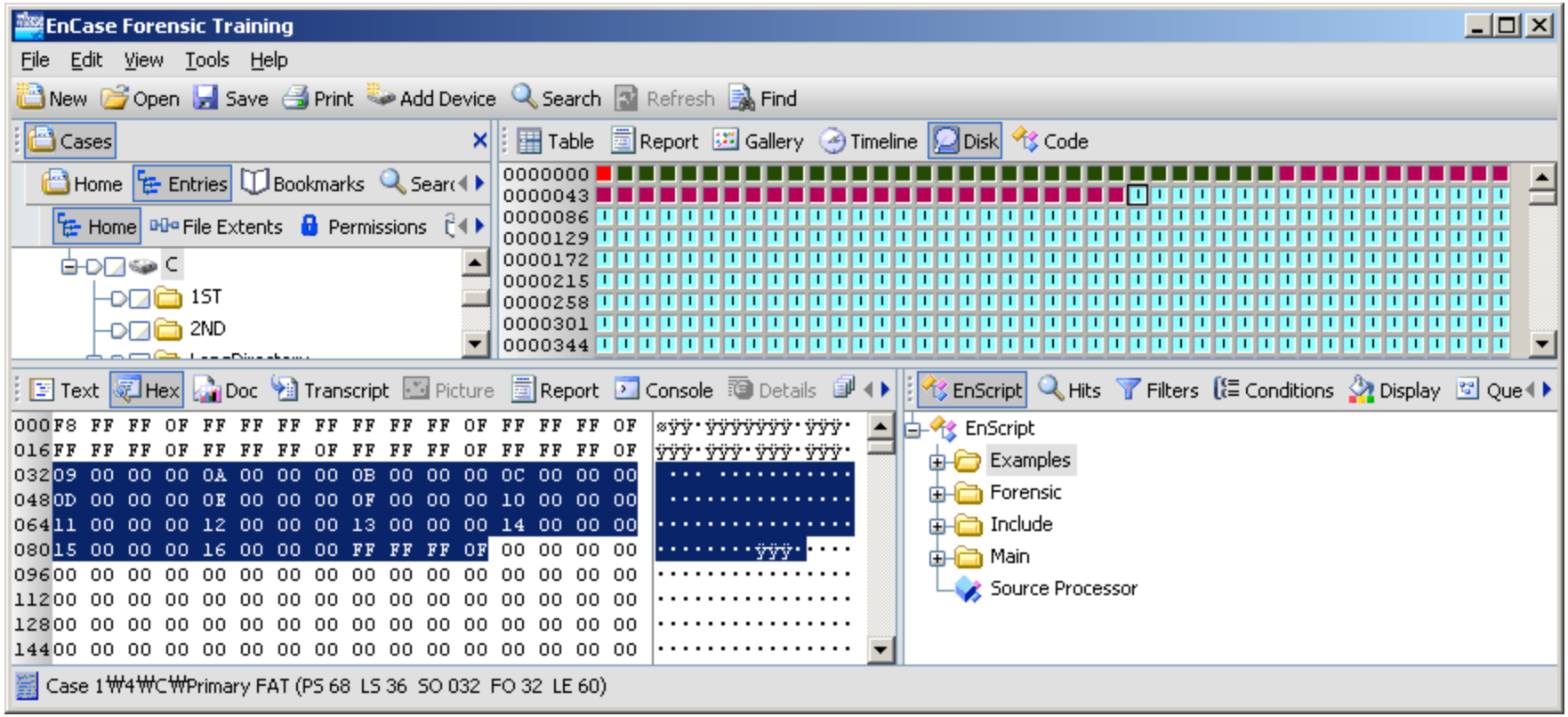
  ✓ C:\1ST\file1234.txt (58,242 bytes) 파일의 위치 찾기



# FAT 파일 시스템 – The Function of FAT

- The Effects of Deleting and Undeleting Files

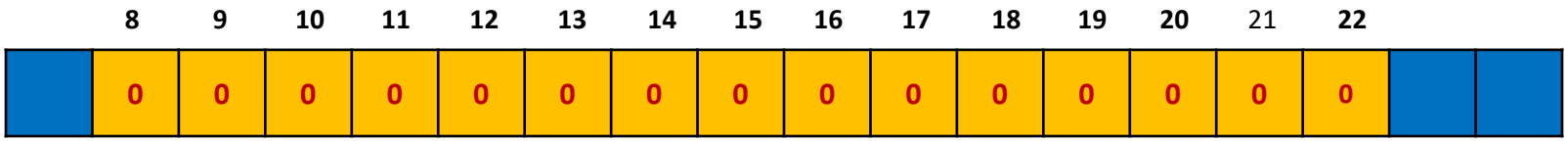
  ✓ C:\1ST\file1234.txt (58,242 bytes) 파일의 위치 찾기



# FAT 파일 시스템 – The Function of FAT

- The Effects of Deleting and Undeleting Files

✓ C:\1ST\file1234.txt (58,242 bytes) 파일의 삭제




Root Directory

| Name | Staring Cluster |
|---|---|
| | |
| 1ST | 3 |
| | |
| | |

Cluster 3

| | |
|---|---|
| | |
| 0xE5ile1234.txt | 8 |
| | |
| | |
| | |

# NTFS – NTFS소개

- **Introduction**

  - ✓ New Technology File System
  - ✓ FAT의 한계점을 개선한 파일시스템
  - ✓ Windows NT 이후부터 사용

| 버 전 | 운 영 체 제 |
|---|---|
| 1.0 | Windows NT 3.1 |
| 1.1 | Windows NT 3.5 |
| 1.2 | Windows NT 3.51 |
| 3.0 | Windows 2000 |
| 3.1 – 5.1 | Windows XP |
| 5.2 | Windows 2003 |
| 6.0 | Windows Vista, 2008, 7 |

- **Features**

| 특 징 | 설 명 |
|---|---|
| **USN 저널 (Update Sequence Number Journal)** | 파일의 모든 변경 내용을 기록하는 로그<br>시스템 오류 발생으로 재부팅 될 경우 잘못된 처리 작업을 롤백(Rollback) |
| **ADS (Alternate Data Stream)** | 파일당 하나 이상의 데이터 스트림을 저장할 수 있도록 지원<br>파일이름, 소유자, 시간 정보 등을 스트림 통해 표현, 데이터도 하나의 데이터 스트림으로 표현<br>추가된ADS는 정보 은닉 용도로 사용될 수 있음 |
| **Sparse 파일** | 파일 데이터가 대부분 0일 경우 실제 데이터는 기록하지 않고 정보만 기록 |
| **파일 압축** | LZ77의 변형된 알고리즘을 사용하여 파일 데이터 압축 |
| **EFS (Encrypting File System)** | 파일을 암호화 하는 기능으로 빠른 암,복호화를 위해 FEK(File Encryption Key)를 통한 대칭키 방식의 암호화 수행 |
| **VSS (Volume Shadow Copy Service)** | 윈도우2003부터 지원, 새롭게 덮여 쓰인 파일, 디렉터리에 대해 백업본을 유지하여 USN저널과 함께 좀 더 안전한 복구를 도움 |
| **Quotas** | 사용자 별 디스크 사용량 제한 |
| **유니코드 지원** | 다국어 지원 (파일, 디렉터리, 볼륨 이름 모두 유니코드로 저장) |
| **대용량 지원** | 이론상 Exa Byte($2^{64}$), 실제로는 약 16 TB ($2^{44}$) |
| **동적 배드 클러스터 재할당** | 배드섹터 발생 클러스터의 데이터를 자동으로 새로운 클러스터로 복사, 배드섹터 발생 클러스터는 플래그 통해 더 이상 사용되지 않도록 함 |

# NTFS – NTFS 구조

- **NTFS 구조**


- ✓ NTFS는 파일, 디렉터리 및 메타 정보까지 파일 형태로 관리
- ✓ VBR영역 : 부트 섹터, 추가적인 부트 코드가 저장되는 부분
- ✓ MFT영역 : 파일과 디렉토리를 관리하기 위한 MFT Entry의 집합체
  - 각 파일은 위치, 시간 정보, 크기, 파일 이름 등을 MFT Entry라는 특별한 구조로 저장
  - 크기가 가변적, 해당 MFT가 모두 사용되면 동적으롤 클러스터를 추가로 할당해 MFT영역의 크기를 증가 시키므로 파일 시스템의 여러 부분에 조각나 분포될 수 있음
  - MFT(Master File Table)은 NTFS 상의 모든 MFT Entry들의 배열
  - MFT Entry 0 ~ 15번은 파일 시스템 생성시 함께 생성되어 특별한 용도로 사용
- ✓ DATA영역 : 파일의 실제 내용이 저장되는 공간, 내용만 저장됨

# NTFS – VBR(Volume Boot Record)

- **VBR (Volume Boot Record)**
  - ✓ NTFS로 포멧된 드라이브의 가장 앞부분에 위치, 부트 섹터와 추가적인 부트 코드 저장

클러스터 크기에 따른 VBR크기

| 클러스터 크기(Byte) | VBR 크기(Sector) |
|---|---|
| 512 | 1 |
| 1K | 2 |
| 2K | 4 |
| 4K | 8 |

  - ✓ VBR의 첫 섹터에는 부트 코드를 포함한 부트 섹터가 위치
  - ✓ 부트 섹터는 FAT의 부트 섹터와 유사한 구조로 BPB를 포함

NTFS 부트 섹터 구조

| 범위(Byte Range) | | 설 명 |
|---|---|---|
| 십진수 | 십육진수 | |
| 0 - 2 | 0x0000 - 0x0002 | Jump command to boot code |
| 3 - 10 | 0x0003 - 0x000A | OEM ID |
| 11 - 83 | 0x000B - 0x0053 | BIOS Parameter Block |
| 84 - 509 | 0x0054 - 0x01FD | Boot code and error message |
| 510 - 511 | 0x01FE - 0x01FF | Signature |

# NTFS – VBR(Volume Boot Record)

- **VBR**
  - ✓ NTFS의 부트 섹터가 FAT 부트 섹터와 크게 다른 점은 BPB영역

NTFS 부트 섹터 데이터 구조

| 범위(Byte Range) | | 설 명 |
|---|---|---|
| 십진수 | 십육진수 | |
| 0 - 2 | 0x0000 - 0x0002 | Jump command to boot code (usually 0xEB5290) |
| 3 - 10 | 0x0003 - 0x000A | OEM ID (typically "NTFS ") |
| 11 - 12 | 0x000B - 0x000C | Bytes per sector |
| 13 - 13 | 0x000D - 0x000D | Sectors per cluster |
| 14 - 15 | 0x000E - 0x000F | Reserved sectors |
| 16 - 18 | 0x0010 - 0x0012 | Always 0 |
| 19 - 20 | 0x0013 - 0x0014 | Unused |
| 21 - 21 | 0x0015 - 0x0015 | Media descriptor |
| 22 - 23 | 0x0016 - 0x0017 | Always 0 |
| 24 - 25 | 0x0018 - 0x0019 | Sectors per track |
| 26 - 27 | 0x001A - 0x001B | Number of heads |
| 28 - 31 | 0x001C - 0x001F | Hidden sectors |
| 32 - 35 | 0x0020 - 0x0023 | Unused |
| 36 - 39 | 0x0024 - 0x0027 | Unused |
| 40 - 47 | 0x0028 - 0x002F | Total sectors |
| 48 - 55 | 0x0030 - 0x0037 | Logical cluster Number for the file $MFT |
| 56 - 63 | 0x0038 - 0x003F | Logical cluster Number for the file $MFTMirr |
| 64 - 67 | 0x0040 - 0x0043 | Clusters per file record segment |
| 68 - 71 | 0x0044 - 0x0047 | Clusters per index block |
| 72 - 79 | 0x0048 - 0x004F | Volume serial number |
| 80 - 83 | 0x0050 - 0x0053 | Checksum |
| 84 – 509 | 0x0054 - 0x01FD | Boot code and error message |
| 510 – 511 | 0x01FE - 0x01FF | Signature ("0x55AA") |

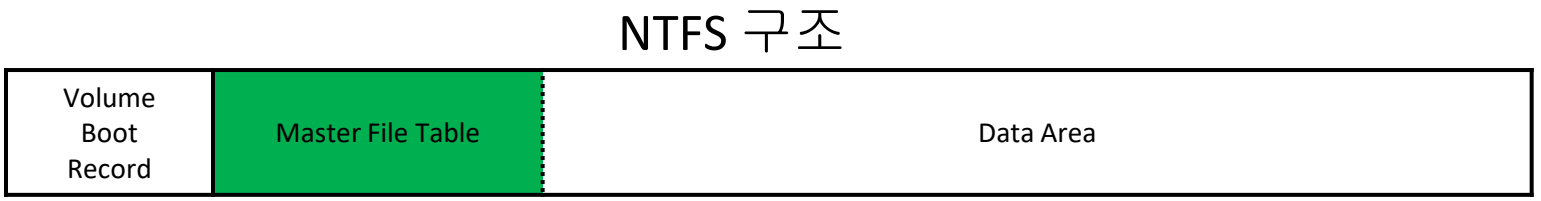
NTFS 부트 섹터 덤프

Jump command　　OEM ID　　BIOS Parameter Block

```
000 EB 52 90 4E 54 46 53 20 20 20 20 00 02 08 00 00  ëR□NTFS    .....
016 00 00 00 00 00 F8 00 00 3F 00 FF 00 3F 00 00 00  .....ø..?.ÿ.?...
032 00 00 00 00 80 00 80 00 5F A2 98 25 00 00 00 00  ....€.€._¢˜%....
048 00 00 0C 00 00 00 00 00 91 22 01 00 00 00 00 00  ........'"......
064 F6 00 00 00 01 00 00 00 8E D5 02 10 08 03 10 F0  ö.......ŽÕ.....ð
080 00 00 00 00 FA 33 C0 8E D0 BC 00 7C FB B8 C0 07  ....ú3ÀŽÐ¼.|û¸À.
096 8E D8 E8 16 00 B8 00 0D 8E C0 33 DB C6 06 0E 00  ŽØè..¸..ŽÀ3ÛÆ...
112 10 E8 53 00 68 00 0D 68 6A 02 CB 8A 16 24 00 B4  .èS.h..hj.ËŠ.$.´
128 08 CD 13 73 05 B9 FF FF 8A F1 66 0F B6 C6 40 66  .Í.s.¹ÿÿŠñf.¶Æ@f
144 0F B6 D1 80 E2 3F F7 E2 86 CD C0 ED 06 41 66 0F  .¶Ñ€â?÷â†ÍÀí.Af.
160 B7 C9 66 F7 E1 66 A3 20 00 C3 B4 41 BB AA 55 8A  ·Éf÷áf£ .Ã´A»ªUŠ
176 16 24 00 CD 13 72 0F 81 FB 55 AA 75 09 F6 C1 01  .$.Í.r.□ûUªu.öÁ.
192 74 04 FE 06 14 00 C3 66 60 1E 06 66 A1 10 00 66  t.þ...Ãf`..f¡..f
208 03 06 1C 00 66 3B 06 20 00 0F 82 3A 00 1E 66 6A  ....f;. ...,:..fj
224 00 66 50 06 53 66 68 10 00 01 00 80 3E 14 00 00  .fP.Sfh....€>...
240 0F 85 0C 00 E8 B3 FF 80 3E 14 00 00 0F 84 61 00  .…..è³ÿ€>....„a.
256 B4 42 8A 16 24 00 16 1F 8B F4 CD 13 66 58 5B 07  ´BŠ.$...‹ôÍ.fX[.
272 66 58 66 58 1F EB 2D 66 33 D2 66 0F B7 0E 18 00  fXfX.ë-f3Òf.....
288 66 F7 F1 FE C2 8A CA 66 8B D0 66 C1 EA 10 F7 36  f÷ñþÂŠÊf‹ÐfÁê.÷6
304 1A 00 86 D6 8A 16 24 00 8A E8 C0 E4 06 0A CC B8  ..†ÖŠ.$.ŠèÀä..Ì¸
320 01 02 CD 13 0F 82 19 00 8C C0 05 20 00 8E C0 66  ..Í..‚..ŒÀ. .ŽÀf
336 FF 06 10 00 FF 0E 0E 00 0F 85 6F FF 07 1F 66 61  ÿ...ÿ....…oÿ..fa
352 C3 A0 F8 01 E8 09 00 A0 FB 01 E8 03 00 FB EB FE  Ã ø.è.. û.è..ûëþ
368 B4 01 8B F0 AC 3C 00 74 09 B4 0E BB 07 00 CD 10  ´.‹ð¬<.t.´.».. Í.
384 EB F2 C3 0D 0A 41 20 64 69 73 6B 20 72 65 61 64  ëòÃ  A disk read
400 20 65 72 72 6F 72 20 6F 63 63 75 72 72 65 64 00   error occurred.
416 0D 0A 4E 54 4C 44 52 20 69 73 20 6D 69 73 73 69    NTLDR is missi
432 6E 67 00 0D 0A 4E 54 4C 44 52 20 69 73 20 63 6F  ng.  NTLDR is co
448 6D 70 72 65 73 73 65 64 00 0D 0A 50 72 65 73 73  mpressed.  Press
464 20 43 74 72 6C 2B 41 6C 74 2B 44 65 6C 20 74 6F   Ctrl+Alt+Del to
480 20 72 65 73 74 61 72 74 0D 0A 00 00 00 00 00 00   restart  ......
496 00 00 00 00 00 00 00 00 83 A0 B3 C9 00 00 55 AA  ........ƒ ³É..Uª
```

# NTFS – MFT(Master File Table)

- **MFT Entry**

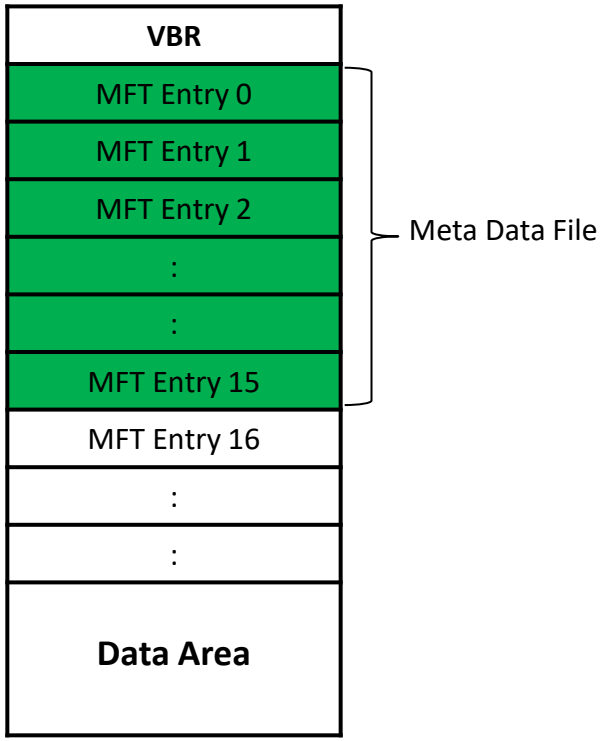




- ✓ **MFT Entry** : 파일의 메타 정보(위치, 시간 정보, 크기, 파일 이름 등)들을 저장 (NTFS는 모두 파일 형태로 관리)
- ✓ **Attributes** : 각 메타 정보 표현 ( 시간, 이름, 내용 등 )
- ✓ 메타 정보의 크기에 따라 각 파일은 하나 이상의 MFT Entry를 가짐
- ✓ 0 ~ 15번은 파일 시스템을 생성할 때 함께 생성 되어 NTFS의 다양한 특성을 지원
- ✓ 사용자에 의해 파일이 생성될 때마다 새로운 MFT Entry가 할당되어 해당 파일의 정보를 유지 및 관리

# NTFS – MFT(Master File Table)

- **Master File Table**



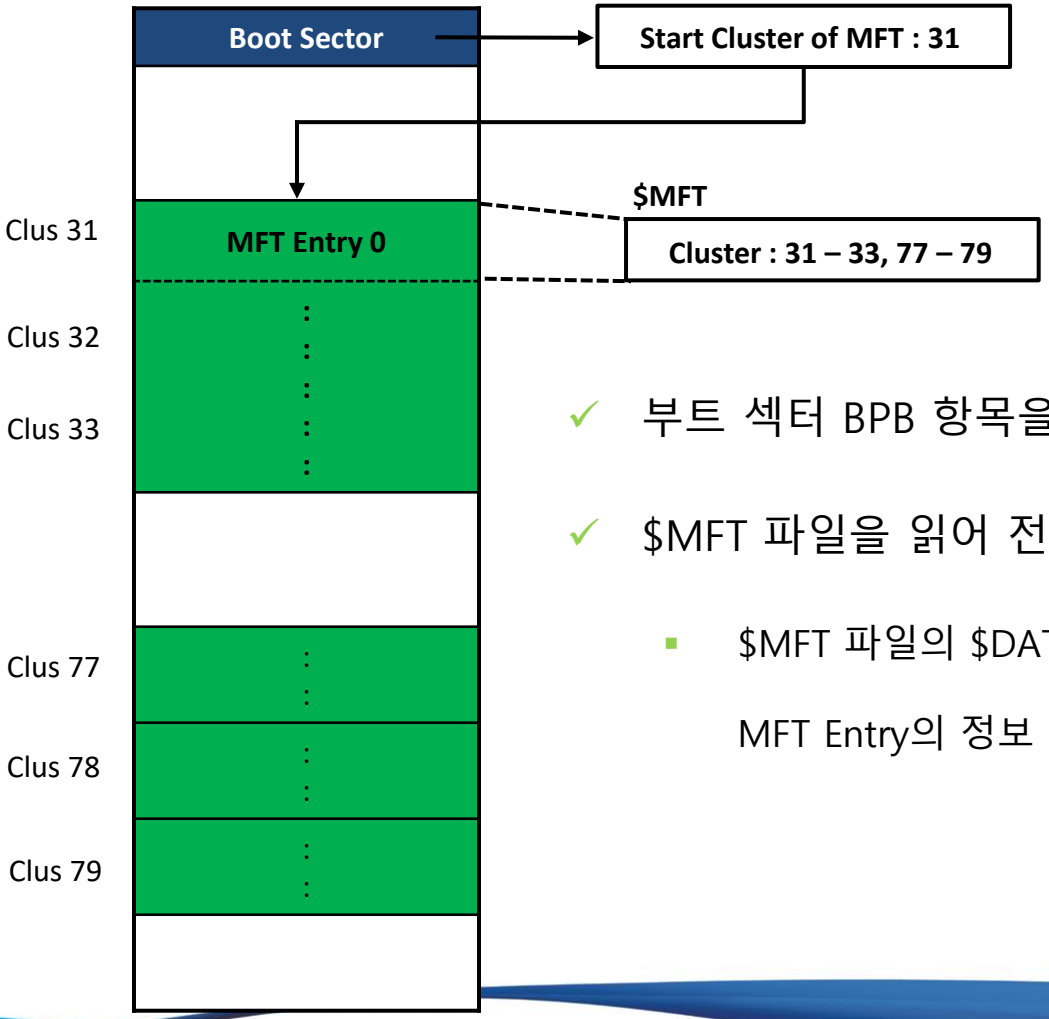

- ✓ MFT는 파일 시스템의 여러 영역에 조각나서 존재 가능하므로, $MFT파일이 MFT 전체 정보를 유지 관리 하는 역할 수행
- ✓ 각 파일들 분석 위해 전체 MFT 정보를 획득이 선행되어야 함

**예약된 MFT Entry**

| Entry 번호 | Entry 이름 | 설 명 |
|---|---|---|
| 0 | $MFT | NTFS 상의 모든 파일들의 MFT Entry 정보 가짐 |
| 1 | $MFTMirr | $MFT 파일의 일부 백업본 |
| 2 | $LogFile | 메타데이터의 트랜잭션 저널 정보 |
| 3 | $Volume | 볼륨의 레이블, 식별자, 버전 등의 정보 |
| 4 | $AttrDef | 속성의 식별자, 이름, 크기 등의 정보 |
| 5 | . | 볼륨의 루트 디렉터리 |
| 6 | $Bitmap | 볼륨의 클러스터 할당 정보 |
| 7 | $Boot | 볼륨이 부팅 가능할 경우 부트 섹터 정보 |
| 8 | $BadClus | 배드 섹터를 가지는 클러스터 정보 |
| 9 | $Secure | 파일의 보안, 접근제어와 관련된 정보 |
| 10 | $Upcase | 모든 유니코드 문자의 대문자 |
| 11 | $Extend | $ObjID, $Quota, $Reparse points, $UsnJrnl 등의 추가적인 파일의 정보를 기록하기 위해 사용 |
| 12 – 15 | | 예약 영역 |
| 16 - | | 포맷 후 생성되는 파일의 정보를 위해 사용 |
| - | $ObjId | 파일 고유의 ID 정보 ( Windows 2000 - ) |
| - | $Quota | 사용량 정보 ( Windows 2000 - ) |
| - | $Reparse | Reparse Point 에 대한 정보 ( Windows 2000 - ) |
| - | $UsnJrnl | 파일, 디렉터리의 변경 정보 ( Windows 2000 - ) |

# NTFS – MFT(Master File Table)

- **Master File Table Layout - $MFT 파일 획득 방법**




- ✓ 부트 섹터 BPB 항목을 읽은 후 MFT 시작 위치 파악
- ✓ $MFT 파일을 읽어 전체적인 MFT의 레이아웃을 판단
  - $MFT 파일의 $DATA 속성 정보를 확인하여 조각나 있는 MFT Entry의 정보 확인

# NTFS – MFT(Master File Table)


**MFT Entry 구조**

- ✓ MFT Entry는 1,024 바이트의 고정된 크기
- ✓ 42 Bytes의 고정된 헤더, Fixup배열, 속성이 위치
- ✓ 속성들의 정보가 많아져 하나 이상의 MFT Entry를 사용할 경우 마지막 MFT Entry 의 끝에 End Marker가 표시(0xFFFFFFFF)
- ✓ Fixup 배열은 저장하고자 하는 데이터가 하나 이상의 섹터를 사용할 경우 각 섹터 의 마지막 2바이트를 따로 저장하여 두는 것
  - MFT Entries
  - INDEX Records
  - RCRD Records
  - RSTR Records

# NTFS – MFT(Master File Table)

## MFT Entry 데이터 구조

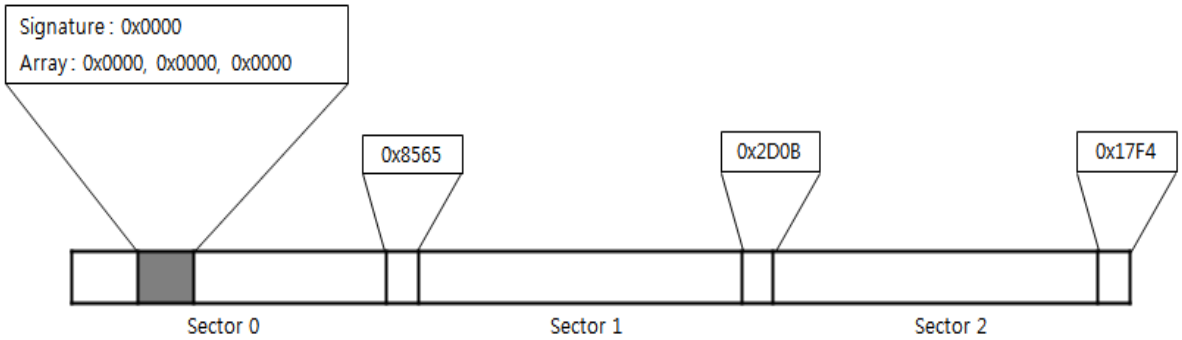
| 범위(Byte Range) | | 설 명 |
|---|---|---|
| 십진수 | 십육진수 | |
| 0 - 3 | 0x0000 - 0x0003 | Signature("FILE") |
| 4 - 5 | 0x0004 - 0x0005 | Offset to fixup array |
| 6 - 7 | 0x0006 - 0x0007 | Number of entries in fixup array |
| 8 - 15 | 0x0008 - 0x000F | $LogFile Sequence Number (LSN) |
| 16 - 17 | 0x0010 - 0x0011 | Sequence value |
| 18 - 19 | 0x0012 - 0x0013 | Link count |
| 20 - 21 | 0x0014 - 0x0015 | Offset to first attribute |
| 22 - 23 | 0x0016 - 0x0017 | Flags (in-use and directory) |
| 24 - 27 | 0x0018 - 0x001B | Used size of MFT Entry |
| 28 - 31 | 0x001C - 0x001F | Allocated size of MFT Entry |
| 32 - 39 | 0x0020 - 0x0027 | File reference to base record |
| 40 - 41 | 0x0028 - 0x0029 | Next attribute ID |
| 42 - 1023 | 0x002A - 0x03FF | Attributes and fixup values |

MFT Entry Header

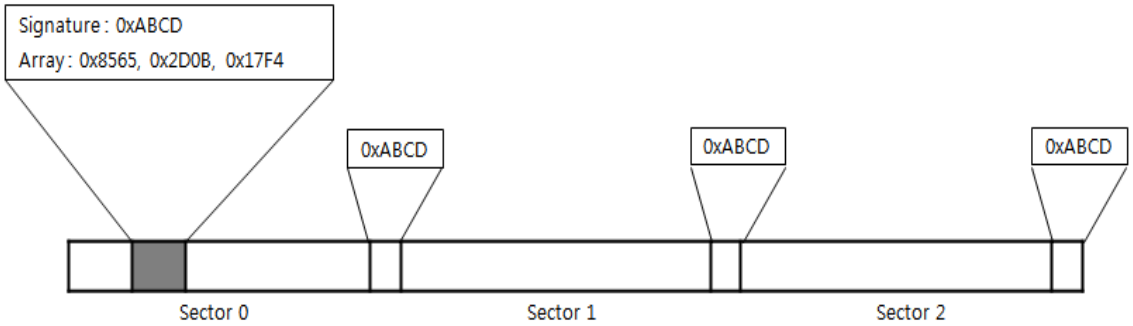
Fixup Array & Attributes

# NTFS – MFT(Master File Table)

- **Fixup**
  - ✓ 3개의 섹터를 사용하는 데이터므로 각 섹터의 마지막 2바이트를 별도로 저장해 Fixup 배열을 만든 후 마지막 2 바이트 공간에 별도의 시그니처를 저장
    - 해당 데이터가 저장되는 섹터의 이상 유무 점검 위해



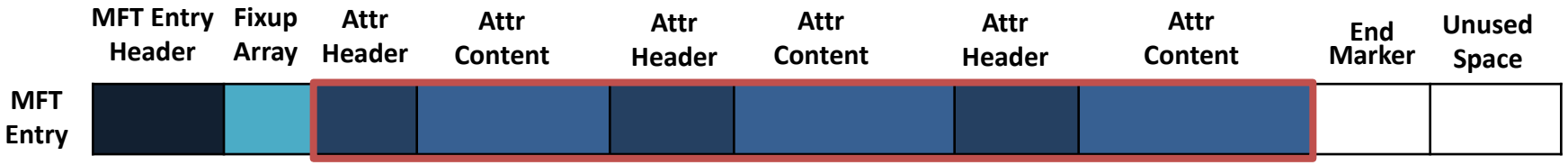

**Fixup** 적용되기 이전 상태




**Fixup** 적용된 후의 상태

# NTFS – MFT(Master File Table)

- **MFT Attributes**




- ✓ 각 파일의 메타 정보(시간정보, 이름, 내용 등)는 속성이라는 구조를 통해 관리
- ✓ 각 속성은 속성 헤더와 속성 내용을 가짐
- ✓ 파일의 특성에 따라 다양한 속성을 가짐

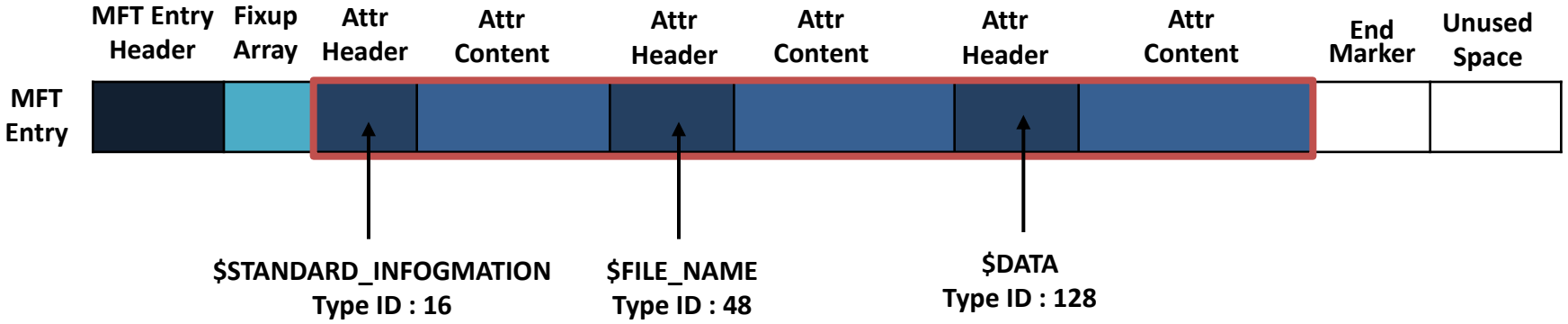
# NTFS – MFT(Master File Table)

- **MFT 속성 리스트**

| Attr Type Num | Attr Name | Description |
|---|---|---|
| 16 | **$STANDARD_INFORMATION** | 파일의 생성.접근.수정 시간, 소유자 등의 일반적인 정보 |
| 32 | **$ATTRIBUTE_LIST** | 추가적인 속성들의 리스트 |
| 48 | **$FILE_NAME** | 파일 이름(유니코드), 파일의 생성.접근.수정 시간 |
| 64 | **$VOLUME_VERSION** | 볼륨 정보 (Windows NT 1.2 버전에만 존재) |
| 64 | **$OBJECT_ID** | 16바이트로 이루어진 파일, 디렉터리의 고유 값, 3.0 이상에서만 존재 |
| 80 | **$SECURITY_DESCRIPTOR** | 파일의 접근 제어와 보안 속성 |
| 96 | **$VOLUME_NAME** | 볼륨 이름 |
| 112 | **$VOLUME_INFORMATION** | 파일 시스템의 버전과 다양한 플래그 |
| 128 | **$DATA** | 파일 내용 |
| 144 | **$INDEX_ROOT** | 인덱스 트리의 루트 노드 |
| 160 | **$INDEX_ALLOCATION** | 인덱스 트리의 루트와 연결된 노드 |
| 176 | **$BITMAP** | $MFT와 인덱스의 할당 정보 관리 |
| 192 | **$SYMBOLIC_LINK** | 심볼릭 링크 정보 (Windows 2000+) |
| 192 | **$REPARSE_POINT** | 심볼릭 링크에서 사용하는 reparse point 정보 (Windows 2000+) |
| 208 | **$EA_INFORMATION** | OS/2 응용 프로그램과 호환성을 위해 사용 (HPFS) |
| 224 | **$EA** | OS/2 응용 프로그램과 호환성을 위해 사용 (HPFS) |
| 256 | **$LOGGED_UTILITY_STREAM** | 암호화된 속성의 정보와 키 값 (Windows 2000+) |

# NTFS – MFT(Master File Table)

- **MFT Attributes**




✓ 기본적인 파일은 위와 같이 3개의 속성을 가짐

- $STANDARD_INFORMATION : 파일의 생성.접근.수정 시간, 소유자 등의 정보
- $FILE_NAME : 파일 이름(유니코드), 파일의 생성.접근.수정 시간
- $DATA : 파일 내용

✓ 해당 속성이 Resident, Non-resident 이냐에 따라 속성 헤더 항목의 데이터 구조 다름

# NTFS – MFT(Master File Table)

## $STANDARD_ONFORMATION 데이터 구조

| 범위(Byte Range) | | 설명 |
|---|---|---|
| 십진수 | 십육진수 | |
| ~ | ~ | Attribute Header |
| 0 - 7 | 0x0000 - 0x0007 | Creation time |
| 8 - 15 | 0x0008 - 0x000F | File altered time |
| 16 - 23 | 0x0010 - 0x0017 | MFT altered time |
| 24 - 31 | 0x0018 - 0x001F | File accessed time |
| 32 - 35 | 0x0020 - 0x0023 | Flags |
| 36 - 39 | 0x0024 - 0x0027 | Maximum number of versions |
| 40 - 43 | 0x0028 - 0x002B | Version number |
| 44 - 47 | 0x002C - 0x002F | Class ID |
| 48 - 51 | 0x0030 - 0x0033 | Owner ID (version 3.0+) |
| 52 - 55 | 0x0034 - 0x0037 | Security ID (version 3.0+) |
| 56 - 63 | 0x0038 - 0x003F | Quota Charged (version 3.0+) |
| 64 - 71 | 0x0040 - 0x0047 | Update Sequence Number(USN) (version 3.0+) |

## $FILE_NAME 데이터 구조

| 범위(Byte Range) | | 설명 |
|---|---|---|
| 십진수 | 십육진수 | |
| ~ | ~ | Attribute Header |
| 0 - 7 | 0x0000 - 0x0007 | File reference of parent directory |
| 8 - 15 | 0x0008 - 0x000F | File creation time |
| 16 - 23 | 0x0010 - 0x0017 | File modification time |
| 24 - 31 | 0x0018 - 0x001F | MFT modification time |
| 32 - 39 | 0x0020 - 0x0027 | File access time |
| 40 - 47 | 0x0028 - 0x002F | Allocated size of file |
| 48 - 55 | 0x0030 - 0x0037 | Real size of file |
| 56 - 59 | 0x0038 - 0x003B | Flags |
| 60 - 63 | 0x003C - 0x003F | Reparse value |
| 64 - 64 | 0x0040 - 0x0040 | Length of name |
| 65 - 65 | 0x0041 - 0x0041 | Namespace |
| 66 - | 0x0042 - | Name |

# NTFS – MFT(Master File Table)

## 일반적인 속성 헤더의 데이터 구조

| 범위(Byte Range) | | 설명 |
|---|---|---|
| 십진수 | 십육진수 | |
| 0 - 3 | 0x0000 - 0x0003 | Attribute type identifier |
| 4 - 7 | 0x0004 - 0x0007 | Length of attribute |
| 8 - 8 | 0x0008 - 0x0008 | Non-resident flag |
| 9 - 9 | 0x0009 - 0x0009 | Length of name |
| 10 - 11 | 0x000A - 0x000B | Offset to name |
| 12 - 13 | 0x000C - 0x000D | Flags |
| 14 - 15 | 0x000E - 0x000F | Attribute identifier |

## 추가적인 **Resident**속성 헤더의 데이터 구조

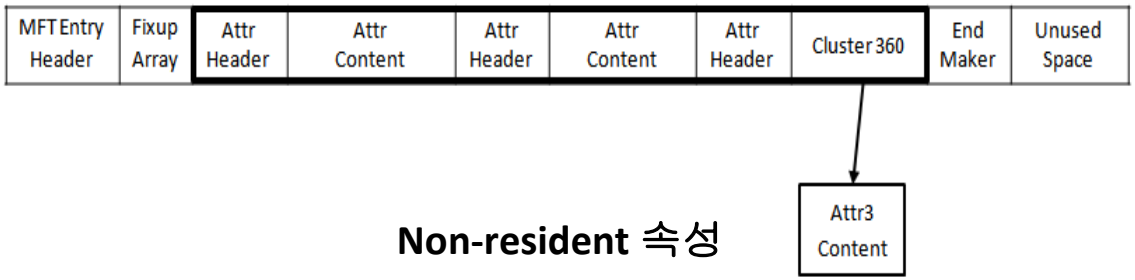
| 범위(Byte Range) | | 설명 |
|---|---|---|
| 십진수 | 십육진수 | |
| 0 - 15 | 0x0000 - 0x000F | General header |
| 16 - 19 | 0x0010 - 0x0013 | Size of content |
| 20 - 21 | 0x0014 - 0x0015 | Offset to content |

## 추가적인 **Non-Resident**속성 헤더의 데이터 구조

| 범위(Byte Range) | | 설명 |
|---|---|---|
| 십진수 | 십육진수 | |
| 0 - 15 | 0x0000 - 0x000F | General header |
| 16 - 23 | 0x0010 - 0x0017 | Starting Virtual Cluster Number(VCN) of the runlist |
| 24 - 31 | 0x0018 - 0x001F | Ending VCN of the runlist |
| 32 - 33 | 0x0020 - 0x0021 | Offset to the runlist |
| 34 - 35 | 0x0022 - 0x0023 | Compression unit size |
| 36 - 39 | 0x0024 - 0x0027 | Unused |
| 40 - 47 | 0x0028 - 0x002F | Allocated size of attribute content |
| 48 - 55 | 0x0030 - 0x0037 | Actual size of attribute content |
| 56 - 63 | 0x0038 - 0x003F | Initialized size of attribute content |

# NTFS – MFT(Master File Table)

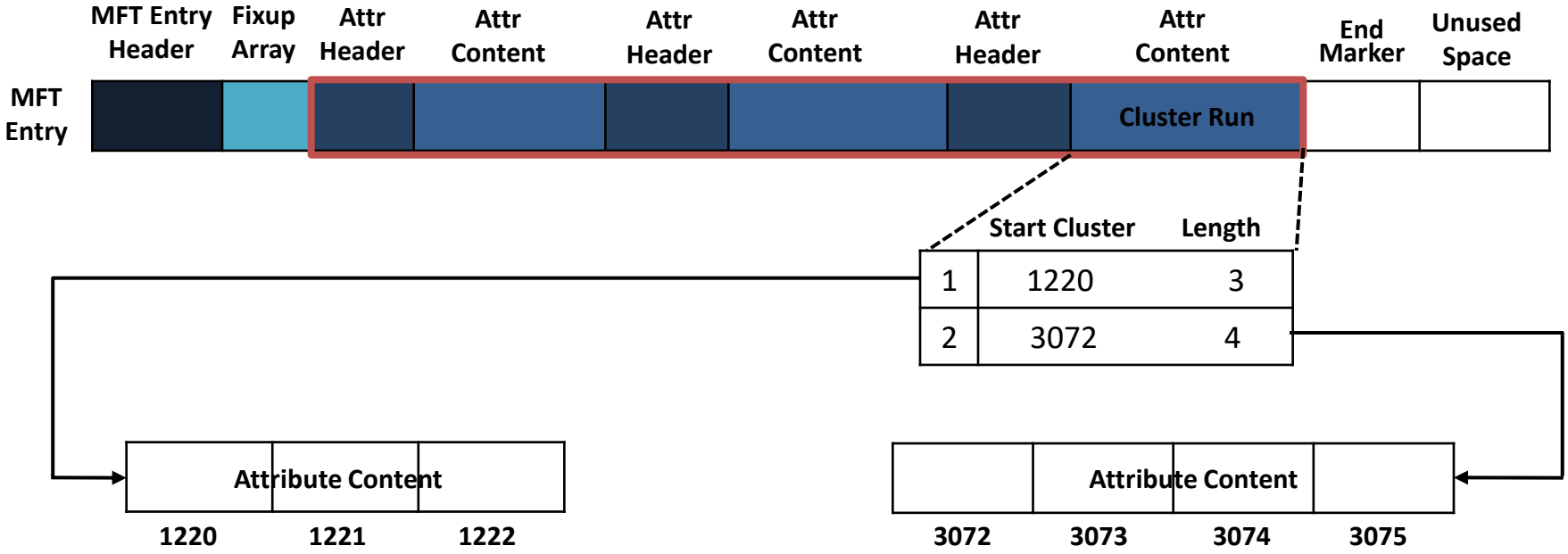
- **Resident 속성과 Non-resident 속성**
  - ✓ Resident 속성
    - MFT Entry 내에 속성 헤더와 속성 내용이 모두 저장되는 경우
    - 속성 내용이 많아지면 여러 개의 MFT Entry를 사용
    - MFT Entry로 감당 하지 못할 경우 별도의 클러스터에 해당 속성을 저장, 속성 내용에는 저장한 클러스터의 위치 정보만 저장
  - ✓ Non-resident 속성
    - 형태는 속성 내용이 증가할 수 있는 $ATTRIBUTE_LIST나 $DATA속성
      - $DATA 속성 내용이 700 바이트 이하일 경우 Resident 속성으로 저장, 넘을 경우 Non-resident 속성으로 저장
    - 파일이 크기가 700 바이트 보다 작으면 별도의 클러스터 할당 없이 해당 MFT Entry에 함께 저장




**Non-resident 속성**

# NTFS – MFT(Master File Table)

- **Cluster Run**




- ✓ Non-resident로 저장된 속성의 크기가 매우 클 경우 저장하기 위한 많은 클러스터가 할당
- ✓ Cluster Run을 사용하여 클러스터의 시작 위치와 수를 표현
  - ➢ ($DATA) Cluster Run 형태로 해당 $DATA 속성 내용을 관리

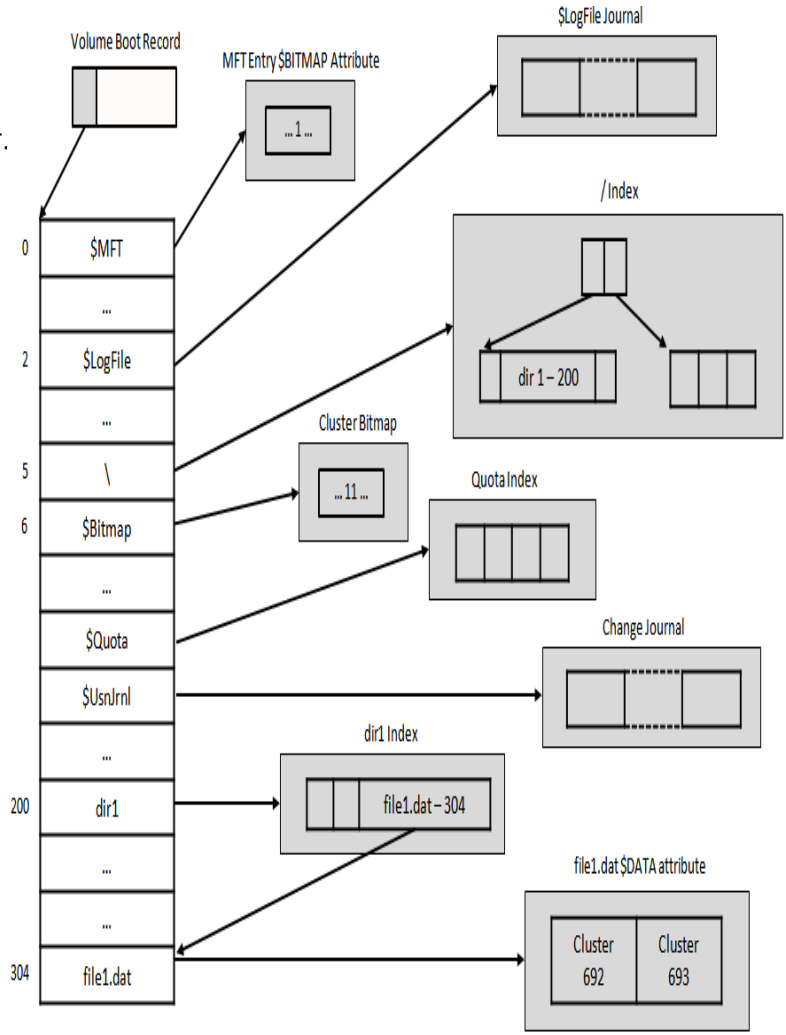
# NTFS – 데이터 영역

- **Data Area**
  - ✓ DATA 영역은 파일의 실제 내용이 저장되는 공간
  - ✓ 모든 관련 정보는 MFT Entry의 속성을 통해 관리되므로 특별한 구조 없이 내용만 저장

# NTFS – 파일의 할당으로 인한 변화 요소

₩dir1 디렉터리는 이미 생성되어 있고 클러스터 크기는 2,048 바이트, 파일 크기는 4,000 바이트이라 하자.

1. VBR의 BPB 정보에 MFT 시작위치 정보를 얻어 MFT 시작위치로 이동한다.
2. $MFT(MFT Entry 0) 파일을 읽어 전체 MFT 구조를 파악한다.
3. $MFT 파일의 $BITMAP 속성에서 현재 사용되지 않는 MFT Entry를 검색한다. MFT Entry 304번이 미사용 중이므로 Entry를 할당한 후 $BITMAP 속성에서 해당 Entry 위치의 비트를 1로 세트한다.
4. MFT Entry 304번을 초기화한 후 $STANDARD_INFORMATION, $FILE_NAME 속성을 기록하고 MFT Entry의 in-use 플래그를 세트한다.
5. file1.dat는 2개의 클러스터가 필요하므로 $Bitmap(MFT Entry 6) 파일의 클러스터 할당 정보에서 사용할 클러스터를 검색한다. 할당 알고리즘에 의해 연속된 2개의 클러스터 692, 693번이 선택된다. 그리고 해당 클러스터에 해당하는 비트를 1로 세트한다.
6. 루트 디렉터리(MFT Entry 5)파일에서 ₩dir1의 위치를 검색한다.
7. ₩dir1의 위치인 MFT Entry 200번에서 새로운 파일에 대한 인덱스 엔트리를 생성하면 인덱스가 재배열된다. 이 경우 디렉터리의 last written, modified, accessed time이 변경된다.
8. 마지막으로 각 작업에 대해 $LogFile과 ₩$Extend₩$UsnJrnl 파일에 로그 정보가 기록되고 Quotas 기능을 사용 중일 경우 해당 사용자의 할당량을 관리하는 ₩$Extend₩$Quota 정보가 수정된다.

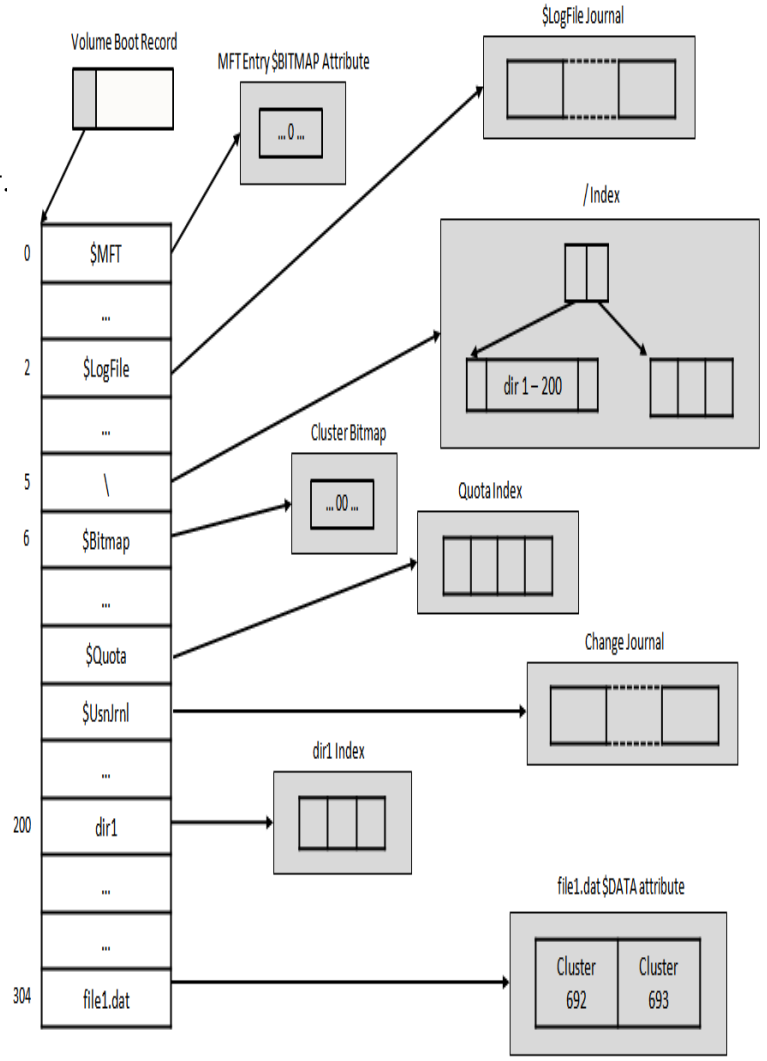



**₩dir1₩file1.dat 파일 할당 시 NTFS 파일 시스템 변화**

# NTFS – 파일의 삭제로 인한 변화 요소

₩dir1 디렉터리는 이미 생성되어 있고 클러스터 크기는 2,048 바이트, 파일 크기는 4,000 바이트이라 하자.

1. VBR의 BPB 정보에 MFT 시작위치 정보를 얻어 MFT 시작위치로 이동한다.
2. $MFT(MFT Entry 0) 파일을 읽어 전체 MFT 구조를 파악한다.
3. 루트 디렉터리(MFT Entry 5) 파일의 $INDEX_ROOT와 $INDEX_ALLOCATION 속성에서 ₩dir1 Entry 위치를 탐색한다.
4. 루트 디렉터리(MFT Entry 5) 파일의 $INDEX_ROOT와 $INDEX_ALLOCATION 속성에서 ₩dir1 Entry 위치를 탐색한다.
5. MFT Entry 200번에서 file1.dat와 관련된 인덱스 엔트리를 삭제한다. 이 경우 디렉터리의 last written, modified, accessed time이 변경된다.
6. $MFT 파일의 $BITMAP 속성에서 삭제된 MFT Entry에 해당하는 비트를 0으로 세트한다.
7. $Bitmap 파일에서 삭제 파일의 $DATA 속성 내용으로 할당되었던 클러스터에 관련 비트를 0으로 세트한다.
8. 마지막으로 각 작업에 대해 $LogFile과 ₩$Extend₩$UsnJrnl 파일에 로그 정보가 기록되고 Quotas 기능을 사용 중일 경우 해당 사용자의 할당량을 관리하는 ₩$Extend₩$Quota 정보가 수정된다.




**₩dir1₩file1.dat 파일 삭제 시 NTFS 파일 시스템 변화**

# 디지털 포렌식 관점에서의 파일 시스템 분석

## 파일 시스템 상의 삭제 파일 복구(Deleted Files Analysis)

- 삭제한 파일은 다른 파일보다 우선 분석
- Directory Entry나 MFT Entry가 덮여 쓰이지 않았다면 복구 가능

✓ 삭제된 파일 판별

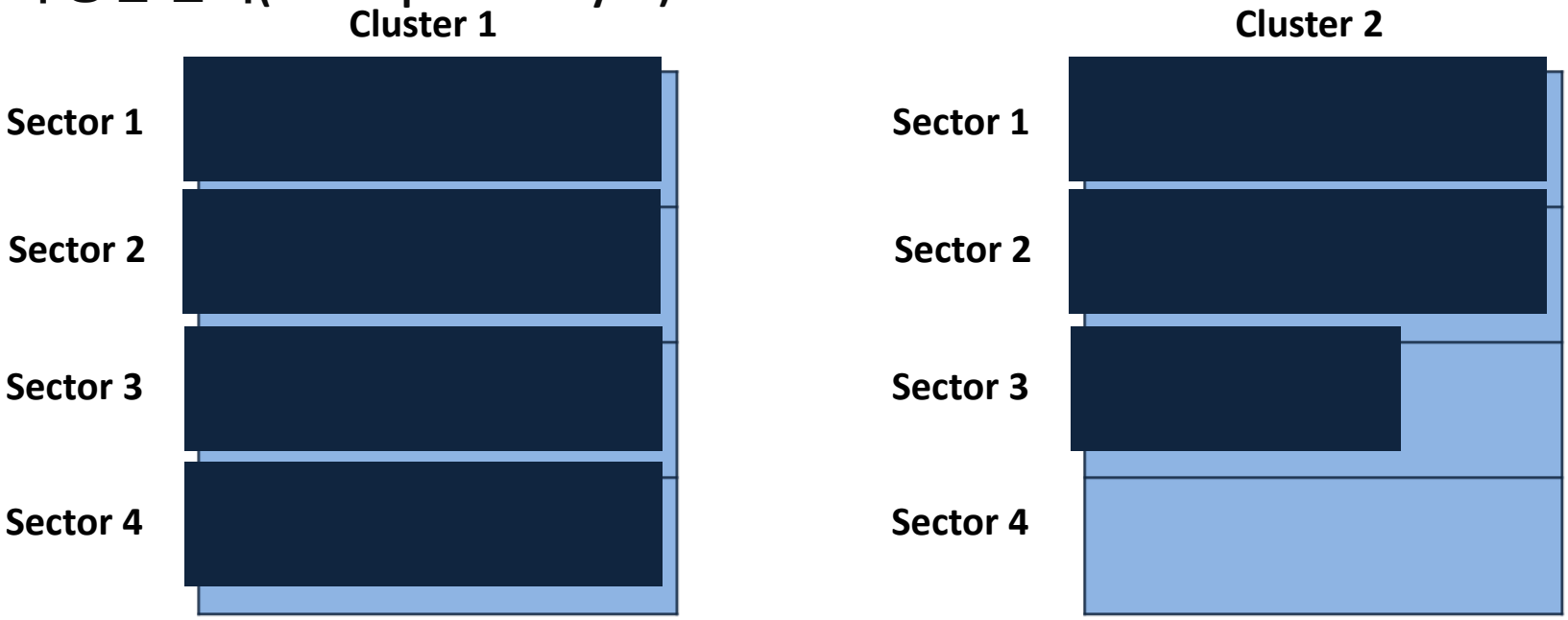
- FAT : Root Directory부터 삭제된 Directory Entry 검색(value : 0xE5, offset : 0x00)
- NTFS : $MFT 내의 MFT Entry bitmap에서 0x00 값을 가지는 MFT Entry 조사

## 비 할당 클러스터 분석(Unallocated Clusters Analysis)

- ✓ 비 할당 클러스터 : 메타정보를 통해 접근할 수 없는 클러스터
- ✓ 대용량의 하드디스크 사용으로 많은 양의 공간이 비 할당 영역일 가능성
- ✓ 비 할당된 클러스터는 이전 데이터가 남아 있을 가능성
  - 포맷하기 이전의 데이터
  - 포맷한 후 할당되었다가 삭제된 데이터
- ✓ 비 할당 클러스터 판별
  - FAT : FAT 영역에서 0x00 값을 갖는 클러스터
  - NTFS : MFT Entry 6번의 $Bitmap 파일로부터 할당되지 않은 클러스터를 조사
    클러스터 비트맵에서 0x00 값을 갖는 클러스터

# 디지털 포렌식 관점에서의 파일 시스템 분석

- 슬랙 공간 분석(Slack Space Analysis)




- ✓ **File Slack** : 이전에 할당되었던 데이터가 남아 있을 가능성
- ✓ **File System Slack, Volume Slack :** 마찬가지
- ✓ 의도적으로 데이터를 은닉할 가능성

# 디지털 포렌식 관점에서의 파일 시스템 분석

## 시간 정보 분석(Timestamp Analysis)

- ✓ 사건이 발생한 시점을 중심으로 데이터 분석
- ✓ 시간의 흐름 파악이 중요
- ✓ 시간의 역전 및 의도적인 조작이 발생했는지 파악
- ✓ 시간 정보 위치
  - ✓ FAT : 해당 파일, 디렉터리의 Directory Entry (create time, last written time, created date, last accessed date, last written date)

| 이름 | 설명 |
|---|---|
| Created Time | 파일이 생성된 시간 |
| Created Date | 파일이 생성된 날짜 |
| Accessed Date | 마지막으로 파일 내용에 접근한 날짜 |
| Written Time | 마지막으로 파일 내용을 수정한 시간 |
| Written Date | 마지막으로 파일 내용을 수정한 날짜 |

  - ✓ NTFS : 해당 파일의 속성 ($STANDARD_INFORMATION, $FILE_NAME)

| 이름 | 설명 |
|---|---|
| Creation Time | 파일이 생성된 시간 |
| Modified Time | 마지막으로 파일 내용이 수정된 시간 |
| MFT Modified Time | MFT 내용이 마지막으로 수정된 시간 |
| Accessed Time | 마지막으로 파일 내용에 접근한 시간 |

# 디지털 포렌식 관점에서의 파일 시스템 분석

- **Signature Analysis**
  - ✓ 파일 시그니처와 확장자가 일치하는지 검사
  - ✓ 확장자 변경을 통해 의도적으로 파일을 은폐할 가능성
  - ✓ 확장자 위치
    - ✓ FAT : 해당 파일의 Directory Entry
    - ✓ NTFS : 해당 파일의 $FILE_NAME 속성

# 디지털 포렌식 관점에서의 파일 시스템 분석

## 부트 코드 분석

- ✓ MBR 부트 코드 : 파티션 테이블 읽어 부팅 가능한 파티션의 부트 섹터 호출 역할
- ✓ 부트 섹터의 부트 코드 : 파일 시스템의 BPB 활용하여 부트 로더 호출 역할
- ✓ 분석 방법
  - ✓ MBR : 부트 코드 해석하여 부팅 가능한 파티션의 시작위치로 점프하는지 확인
  - ✓ 부트 섹터 : 부트 코드를 해석하여 정상적으로 부트 로더를 로드 하는지 확인

# 디지털 포렌식 관점에서의 파일 시스템 분석

## 미사용 영역 분석

- ✓ 미래를 위해 예약해 둔 영역, 불필요하게 생성된 영역
- ✓ 기본적으로 참조하는 영역이 아니므로 쉽게 파악 어려움
- ✓ 파일 시스템 별 미사용 영역
  - ✓ FAT : MBR과 예약 영역 사이 / 예약 영역에서 사용하지 않는 섹터(0,1,2,6,7,8번 제외) / FSINFO 구조체 섹터(예약 영역의 1, 7번 섹터)에서 사용되지 않는 영역
  - ✓ NTFS : VBR에서 부트 섹터를 제외한 나머지 섹터 / 미래를 위해 예약해 둔 MFT Entry 12 ~ 15번 영역

## 은닉 파일 분석

- ✓ 파일 시스템에서 숨긴 속성을 가진 파일을 분류해 분석하는 방안 필요

- ✓ 파일 시스템 별 숨긴 속성 확인 방법
  - ✓ FAT : 파일의 Directory Entry 항목 중 오프셋 11의 Attribute가 0x02값인 것 조사
  - ✓ NTFS : 파일의 MFT Entry에서 $STANDARD_INFORMATION 속성의 오프셋 32 ~ 35 Flags가 0x0002인 것 조사

# 디지털 포렌식 관점에서의 파일 시스템 분석

## 암호 파일 분석

- ✓ NTFS는 EFS에 의해 파일 시스템 수준에서 암호화 기능 제공

- ✓ NTFS에서 암호화 속성을 확인하는 방법

  파일의 MFT Entry에서 $STANDARD_INFORMATION 속성의 오프셋 32 ~ 35 Flags가 0x4000인 것 조사

## ADS 파일 분석

- ✓ NTFS는 하나의 파일이 두 개 이상의 데이터 속성을 가질 수 있는 ADS를 지원
- ✓ 운영체제 통해 확인할 수 없으므로 데이터 은닉 목적으로 이용될 가능성 존재
- ✓ NTFS에서 ADS 파일을 확인하는 방법
  전체 MFT Entry를 대상으로 $DATA 속성을 두 개 이상 가지는 MFT Entry를 조사

# 디지털 포렌식 관점에서의 파일 시스템 분석

## 로그 정보 분석

- ✓ 사건 발생 시점의 파일 시스템 변경 사항들을 조합하여 용의자의 행위를 파악

- ✓ NTFS 파일 시스템의 변경 사항 기록되는 파일 조사

  MFT Entry 2번인 $LogFile과 MFT Entry 11번인 $Extend 파일에 포함된 $Extend\$UsnJrnl 파일 조사

## $Boot 파일 분석

- ✓ NTFS의 MFT Entry 7번인 $Boot 파일의 $DATA 속성에서 부트 섹터의 위치 정보, 부트 코드가 저장 됨
- ✓ 부팅 용도로 사용되지 않는 NTFS에서의 $DATA속성에 데이터 은닉 가능성

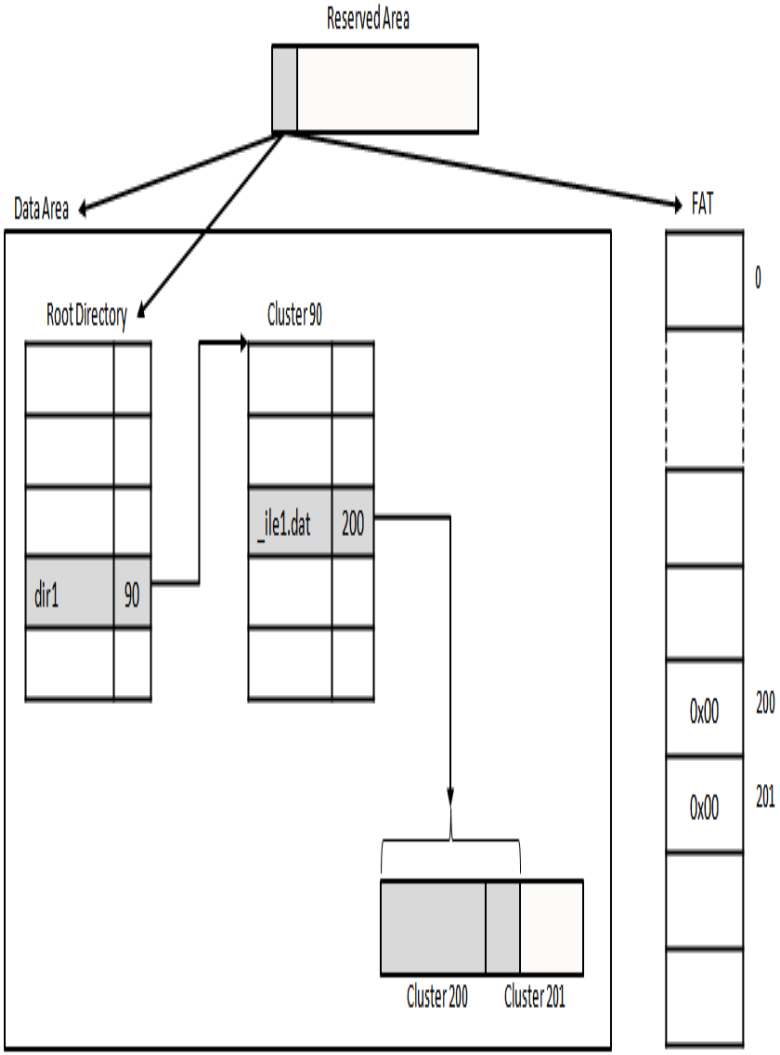
## $BadClus 파일 분석

- ✓ NTFS의 MFT Entry 8번인 $BadClus 파일은 배드 섹터가 발생한 클러스터 관리
- ✓ 정상적인 클러스터를 $BadClus에 등록한 후 해당 영역에 데이터를 은닉 가능성

# 파일 복구 – 파일 시스템 상의 파일 복구

FAT 파일 시스템은 파일의 메타정보를 유지하기 위해 FAT 영역과 디렉터리 엔트리를 사용한다. 파일이 삭제될 경우 FAT 영역에서는 파일에 할당되었던 클러스터에 대응되는 FAT Entry가 0x00으로 초기화된다. 그리고 해당 파일의 디렉터리 엔트리의 오프셋 0x00의 값이 삭제를 나타내는 0xE5 값으로 변경된다. 이 경우 파일에 할당되었던 클러스터에는 파일의 내용이 그대로 남아 있게 된다. 따라서 해당 클러스터가 새로운 파일에 사용되지 않는다면 삭제 표시된 디렉터리 엔트리에 파일 크기와 시작 클러스터 정보를 통해 비교적 쉽게 파일을 복구할 수 있다. 단, 디렉터리 엔트리에는 시작 클러스터에 대한 정보만 기록되어 있기 때문에 파일이 여러 클러스터에 조각나 기록된 경우에는 FAT 영역에서 클러스터 체인을 확인할 수 없어 완벽하게 복구하기가 어렵다.

1. 부트 섹터의 BPB에서 데이터 영역, 루트 디렉터리, FAT 영역의 위치, 클러스터 크기를 얻어온다.
2. ₩dir1 디렉터리의 정보를 얻기 위해 루트 디렉터리에서 ₩dir1에 해당하는 디렉터리 엔트리를 검색한다. 그 결과 ₩dir1 디렉터리 정보를 가지는 시작 클러스터가 90번임을 확인했다.
3. 클러스터 90번에서 삭제된 file1.dat 파일의 디렉터리 엔트리를 찾는다. 삭제 표시를 위해 파일 이름의 첫 바이트인 0x66('f') 대신 0xE5 값이 기록되어 있다.
4. 삭제된 file1.dat 파일의 디렉터리 엔트리에서 파일의 이름, 확장자, 크기, 시작 클러스터의 위치를 확인한다.
5. 시작 클러스터에서부터 파일 크기만큼 데이터를 획득한 후 저장할 위치에 디렉터리 엔트리에서 확인한 파일 이름과 확장자로 파일을 저장한다.

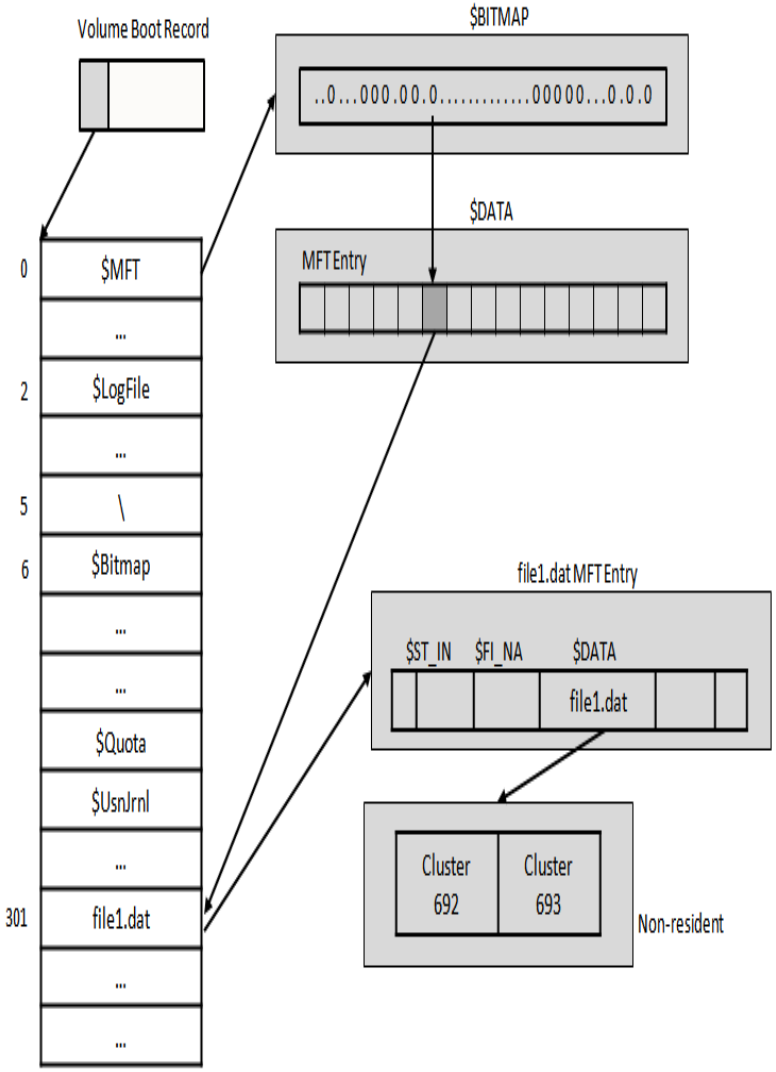



**FAT 파일 시스템에서 삭제된 ₩dir1₩file1.dat 파일 복구**

# 파일 복구 – 파일 시스템 상의 파일 복구

NTFS에서는 파일의 메타정보를 유지하기 위해 MFT Entry, MFT Entry의 할당상태를 표시하기 위한 $MFT(MFT Entry 0) 파일의 $BITMAP 속성, 클러스터의 할당 상태를 표시하기 위한 $Bitmap(MFT Entry 6) 파일의 $DATA 속성을 사용한다. 파일이 삭제될 경우 $MFT 파일의 $BITMAP 속성에서 해당 파일이 사용했던 MFT Entry 비트가 0으로 세트되고 $Bitmap 파일의 $DATA 속성에서 해당 파일에 할당되었던 클러스터 비트가 0으로 세트된다. 결국 파일의 MFT Entry와 실제 파일에 할당되었던 클러스터의 내용은 변경되지 않는다. 따라서 해당 파일의 MFT Entry와 할당되었던 클러스터 내용이 새로운 파일의 정보로 덮여 쓰여지지 않았다면 비교적 쉽게 파일을 복구할 수 있다. NTFS에서는 FAT 파일 시스템과 다르게 파일의 내용이 Resident 속성일 경우 MFT Entry 상에 저장되므로 완벽하게 복구할 수 있다. 또한 Non-resident 속성의 경우에도 Cluster Runs 정보를 통해 완벽하게 복구할 수 있다.

1. VBR의 BPB 정보에 MFT 시작위치 정보를 얻어 MFT 시작위치로 이동한다.
2. $MFT 파일의 $BITMAP 속성에서 현재 사용 중이지 않은 MFT Entry(0x00 값을 갖는) 정보를 얻어온다.
3. $MFT 파일의 $DATA 속성에서 0x00 값을 갖는 MFT Entry를 대상으로 $FILE_NAME 속성의 파일 이름이 "file1.dat"를 가지는 MFT Entry를 찾는다. 그 결과 MFT Entry 301번이 해당 파일의 MFT Entry 임이 확인되었다.
4. MFT Entry 301번의 $FILE_NAME 속성에서 파일 크기를 확인한다. 그리고 $DATA 속성을 확인한 결과 Non-resident 속성임이 확인되었다. 따라서 Cluster Runs 정보를 기반으로 파일 크기만큼 데이터를 획득한다. 획득한 데이터를 저장할 위치에 앞서 확인한 파일 이름으로 파일을 저장한다.

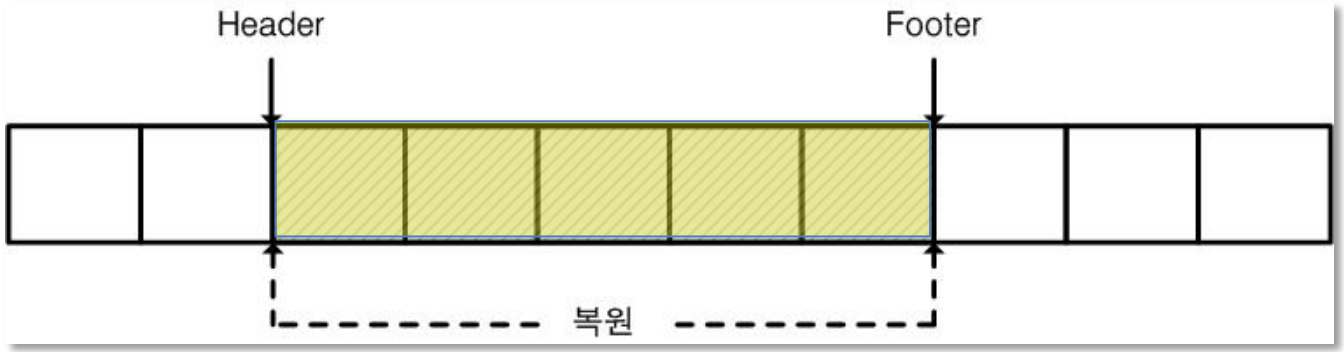



**NTFS 파일 시스템에서 삭제된 ₩dir1₩file1.dat 파일 복구**

# 파일 복구 – 파일 시스템 상의 파일 복구

## 파일 시스템 정보를 얻을 수 없는 경우의 복구

- 파일 시스템에서 얻을 수 있는 정보 없이 **'파일 자체 정보'** 기반 복구
  - 즉, 파일의 고유한 특성이 있는 파일만 복구 가능
- 연속적으로 존재하는 파일에 대한 복구는 대부분 가능, 조각난 경우는 어려움
- 추출된 파일이 올바른 파일이라는 보장이 없음
- 많은 시간이 소요됨



# 파일 복구 – 파일 시스템 상의 파일 복구

## 파일이 연속적이지 않고 조각난 경우

- 조각난 파일이 생성되는 이유
  - 파일을 저장할 충분한 연속 공간이 없을 경우
  - 기존 파일에 데이터가 추가될 때, 파일의 후반부 영역에 할당되지 않은 영역의 크기가 충분하지 않은 경우
- 파일 포맷의 특성을 이용한 여러 복구 방안이 연구 중
- Pattern Recognition, 통계 분석 등

# 파일 복구 – 파일 카빙

- ✓ 파일 카빙 기법 : 저장 매체의 비할당 영역으로부터 파일을 복구하는 기법
  - 연속적인 카빙 기법
    - ➢ 파일 내용이 저장 매체의 연속된 공간에 저장된 경우 수행
  - 비연속적인 카빙 기법
    - ➢ 파일의 내용이 저장 매체의 여러 부분에 조각나 저장된 경우 수행

# 파일 복구 – 파일 카빙

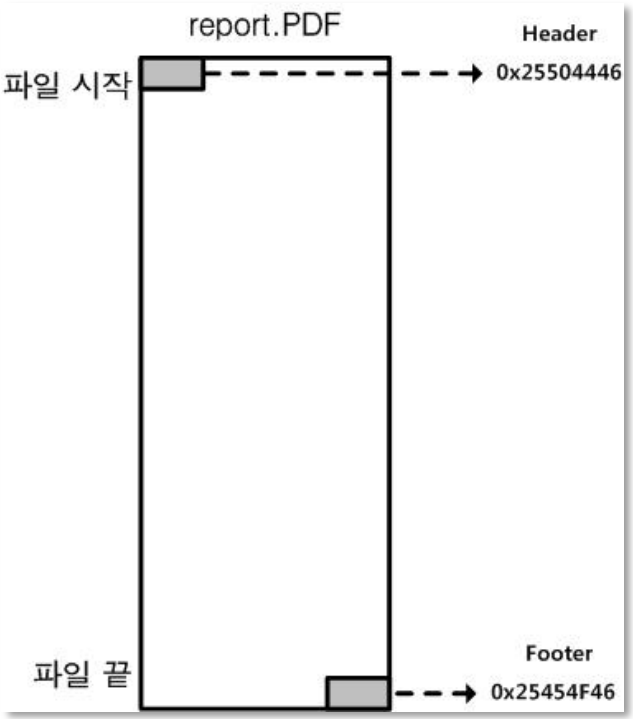
## 시그니처 기반 카빙

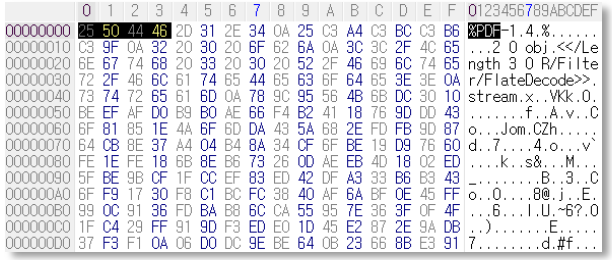
- ✓ 파일 포맷별로 존재하는 고유한 시그니처를 이용하는 방법
- ✓ 헤더와 푸터 시그니처가 모두 존재하는 파일의 경우 두 시그니처 사이의 데이터가 파일의 내용

# 파일 복구 – 파일 카빙

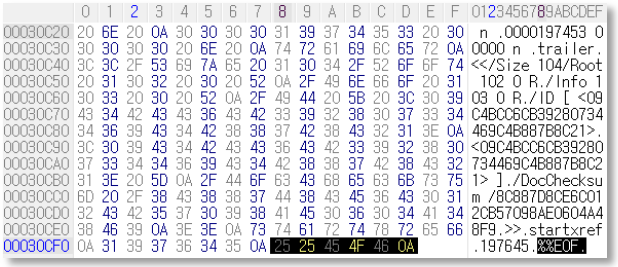
## 파일의 Header와 Footer 정보

- 일부 파일은 파일의 시작과 끝을 알 수 있는 고유한 Header와 Footer를 가짐
  - PDF, GIF. PNG, JPG, ALZ, ZIP, RAR, MPG …



| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | 0123456789ABCDEF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 00000000 | 25 | 50 | 44 | 46 | 2D | 31 | 2E | 34 | 0A | 25 | C3 | A4 | C3 | BC | C3 | B6 | %PDF-1.4.%..... |
| 00000010 | C3 | 9F | 0A | 32 | 20 | 30 | 20 | 6F | 62 | 6A | 0A | 3C | 3C | 2F | 4C | 65 | ...2 0 obj.<<⁄Le |
| 00000020 | 6E | 67 | 74 | 68 | 20 | 33 | 20 | 30 | 20 | 52 | 2F | 46 | 69 | 6C | 74 | 65 | ngth 3 0 R⁄Filte |
| 00000030 | 72 | 2F | 46 | 6C | 61 | 74 | 65 | 44 | 65 | 63 | 6F | 64 | 65 | 3E | 3E | 0A | r⁄FlateDecode>>. |
| 00000040 | 73 | 74 | 72 | 65 | 61 | 6D | 0A | 78 | 9C | 95 | 56 | 4B | 6B | DC | 30 | 10 | stream.x..VKk.O. |
| 00000050 | BE | EF | AF | D0 | B9 | B0 | AE | 66 | F4 | B2 | 41 | 18 | 76 | 9D | DD | 43 | .......f..A.v..C |
| 00000060 | 6F | 81 | 85 | 1E | 4A | 6F | 6D | DA | 43 | 5A | 68 | 2E | FD | FB | 9D | 87 | o...Jom.CZh..... |
| 00000070 | 64 | CB | 8E | 37 | A4 | 04 | B4 | 8A | 34 | CF | 6F | BE | 19 | D9 | 76 | 60 | d..7....4.o...v` |
| 00000080 | FE | 1E | FE | 18 | 6B | 8E | B6 | 73 | 26 | 0D | AE | EB | 4D | 18 | 02 | ED | ....k..s&...M... |
| 00000090 | 5F | BE | 9B | CF | 1F | CC | EF | 83 | ED | 42 | DF | A3 | 33 | B6 | B3 | 43 | _........B..3..C |
| 000000A0 | 6F | F9 | 17 | 30 | F8 | C1 | BC | FC | 38 | 40 | AF | 6A | BF | 0E | 45 | FF | o..0....8@.j..E. |
| 000000B0 | 99 | 0C | 91 | 36 | FD | BA | B8 | 6C | CA | 55 | 95 | 7E | 36 | 3F | 0F | 4F | ...6...l.U.~6?.O |
| 000000C0 | 1F | C4 | 29 | FF | 91 | 9D | F3 | ED | E0 | 1D | 45 | E2 | 87 | 2E | 9A | DB | ..)........E..... |
| 000000D0 | 37 | F3 | F1 | 0A | 06 | D0 | DC | 9E | BE | 64 | 0B | 23 | 66 | 8B | E3 | 91 | 7........d.#f... |



| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | 0123456789ABCDEF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 00030C20 | 20 | 6E | 20 | 0A | 30 | 30 | 30 | 30 | 31 | 39 | 37 | 34 | 35 | 33 | 20 | 30 | n .0000197453 0 |
| 00030C30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 20 | 6E | 20 | 0A | 74 | 72 | 61 | 69 | 6C | 65 | 72 | 0A | 0000 n .trailer. |
| 00030C40 | 3C | 3C | 2F | 53 | 69 | 7A | 65 | 20 | 31 | 30 | 34 | 2F | 52 | 6F | 6F | 74 | <<⁄Size 104⁄Root |
| 00030C50 | 20 | 31 | 30 | 32 | 20 | 30 | 20 | 52 | 0A | 2F | 49 | 6E | 66 | 6F | 20 | 31 | 102 0 R⁄Info 1 |
| 00030C60 | 30 | 33 | 20 | 30 | 20 | 52 | 0A | 2F | 49 | 44 | 20 | 5B | 20 | 3C | 30 | 39 | 03 0 R⁄ID [ <09 |
| 00030C70 | 43 | 34 | 42 | 43 | 43 | 36 | 43 | 42 | 33 | 39 | 32 | 38 | 30 | 37 | 33 | 34 | C4BCC6CB39280734 |
| 00030C80 | 34 | 36 | 39 | 43 | 34 | 42 | 38 | 38 | 37 | 42 | 38 | 43 | 32 | 31 | 3E | 0A | 469C4B887B8C21>. |
| 00030C90 | 3C | 30 | 39 | 43 | 34 | 42 | 43 | 43 | 36 | 43 | 42 | 33 | 39 | 32 | 38 | 30 | <09C4BCC6CB39280 |
| 00030CA0 | 37 | 33 | 34 | 34 | 36 | 39 | 43 | 34 | 42 | 38 | 38 | 37 | 42 | 38 | 43 | 32 | 734469C4B887B8C2 |
| 00030CB0 | 31 | 3E | 20 | 5D | 0A | 2F | 44 | 6F | 63 | 43 | 68 | 65 | 63 | 6B | 73 | 75 | 1> ]⁄DocChecksu |
| 00030CC0 | 6D | 20 | 2F | 38 | 43 | 38 | 38 | 37 | 44 | 38 | 43 | 45 | 36 | 43 | 30 | 31 | m ⁄8C887D8CE6C01 |
| 00030CD0 | 32 | 43 | 42 | 35 | 37 | 30 | 39 | 38 | 41 | 45 | 30 | 36 | 30 | 34 | 41 | 34 | 2CB57098AE0604A4 |
| 00030CE0 | 38 | 46 | 39 | 0A | 3E | 3E | 0A | 73 | 74 | 61 | 72 | 74 | 78 | 72 | 65 | 66 | 8F9.>>.startxref |
| 00030CF0 | 0A | 31 | 39 | 37 | 36 | 34 | 35 | 0A | 25 | 25 | 45 | 4F | 46 | 0A | | | .197645.%%EOF. |

# 파일 복구 – 파일 카빙

- **램 슬랙 카빙**
  - ✓ 푸터 시그니처 이후에 램 슬랙이 존재
  - ✓ 시그니처 기반 카빙 기법에서 푸터 시그니처와 함께 확인하여 많은 오탐 줄일 수 있음

# 파일 복구 – 파일 카빙

## 파일 구조체 카빙

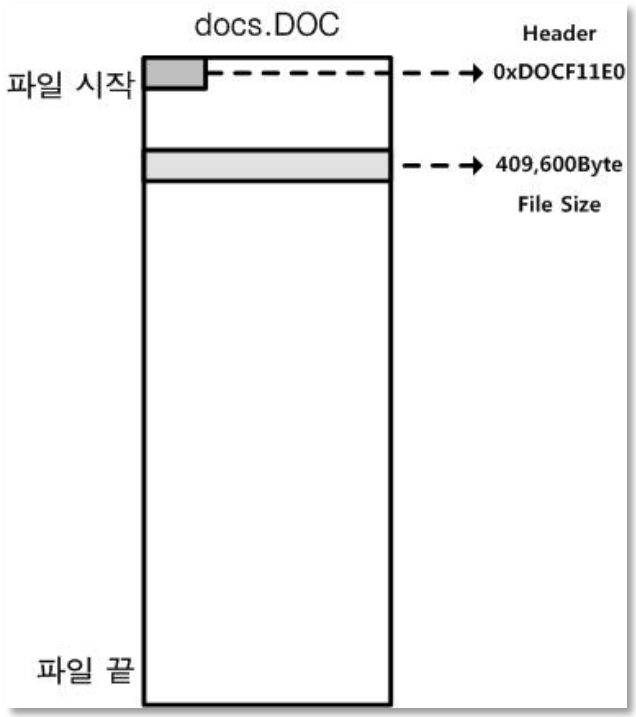
✓ 푸터 시그니처가 존재하지 않거나 파일 포맷 내부에 여러 개의 시그니처가 존재하는 경우 효과적인 방법으로 파일의 구조를 분석하여 카빙 하는 기법

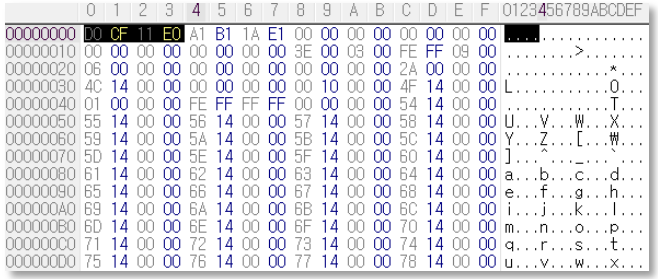
- 파일 크기 획득 방법
- 파일 구조 검증 방법

# 파일 복구 – 파일 카빙(파일 크기 획득 방법)

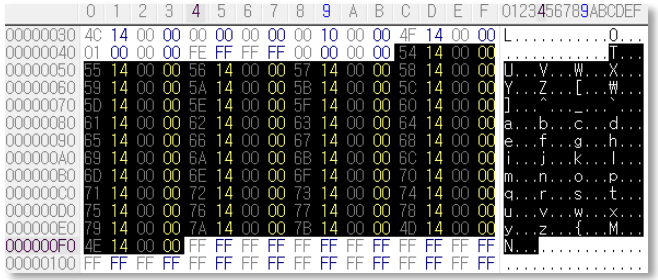
## 파일의 Header와 File size 정보

- 일부 파일은 파일의 시작과 크기를 알 수 있는 정보를 포함하고 있음
  - DOC, ODT, ODS, BMP, AVI, ASF, WAV …



| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | 0123456789ABCDEF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 00000000 | D0 | CF | 11 | E0 | A1 | B1 | 1A | E1 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | ....á±.á..... |
| 00000010 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 3E | 00 | 03 | 00 | FE | FF | 09 | 00 | ........>..... |
| 00000020 | 06 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 2A | 00 | 00 | 00 | ..........*... |
| 00000030 | 4C | 14 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 10 | 00 | 00 | 4F | 14 | 00 | 00 | L.........O... |
| 00000040 | 01 | 00 | 00 | 00 | FE | FF | FF | FF | 00 | 00 | 00 | 00 | 54 | 14 | 00 | 00 | ............T... |
| 00000050 | 55 | 14 | 00 | 00 | 56 | 14 | 00 | 00 | 57 | 14 | 00 | 00 | 58 | 14 | 00 | 00 | U...V...W...X... |
| 00000060 | 59 | 14 | 00 | 00 | 5A | 14 | 00 | 00 | 5B | 14 | 00 | 00 | 5C | 14 | 00 | 00 | Y...Z...[...₩... |
| 00000070 | 5D | 14 | 00 | 00 | 5E | 14 | 00 | 00 | 5F | 14 | 00 | 00 | 60 | 14 | 00 | 00 | ]...^..._...`... |
| 00000080 | 61 | 14 | 00 | 00 | 62 | 14 | 00 | 00 | 63 | 14 | 00 | 00 | 64 | 14 | 00 | 00 | a...b...c...d... |
| 00000090 | 65 | 14 | 00 | 00 | 66 | 14 | 00 | 00 | 67 | 14 | 00 | 00 | 68 | 14 | 00 | 00 | e...f...g...h... |
| 000000A0 | 69 | 14 | 00 | 00 | 6A | 14 | 00 | 00 | 6B | 14 | 00 | 00 | 6C | 14 | 00 | 00 | i...j...k...l... |
| 000000B0 | 6D | 14 | 00 | 00 | 6E | 14 | 00 | 00 | 6F | 14 | 00 | 00 | 70 | 14 | 00 | 00 | m...n...o...p... |
| 000000C0 | 71 | 14 | 00 | 00 | 72 | 14 | 00 | 00 | 73 | 14 | 00 | 00 | 74 | 14 | 00 | 00 | q...r...s...t... |
| 000000D0 | 75 | 14 | 00 | 00 | 76 | 14 | 00 | 00 | 77 | 14 | 00 | 00 | 78 | 14 | 00 | 00 | u...v...w...x... |



| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | 0123456789ABCDEF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 00000030 | 4C | 14 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 10 | 00 | 00 | 4F | 14 | 00 | 00 | L.........O... |
| 00000040 | 01 | 00 | 00 | 00 | FE | FF | FF | FF | 00 | 00 | 00 | 00 | 54 | 14 | 00 | 00 | ............T... |
| 00000050 | 55 | 14 | 00 | 00 | 56 | 14 | 00 | 00 | 57 | 14 | 00 | 00 | 58 | 14 | 00 | 00 | U...V...W...X... |
| 00000060 | 59 | 14 | 00 | 00 | 5A | 14 | 00 | 00 | 5B | 14 | 00 | 00 | 5C | 14 | 00 | 00 | Y...Z...[...₩... |
| 00000070 | 5D | 14 | 00 | 00 | 5E | 14 | 00 | 00 | 5F | 14 | 00 | 00 | 60 | 14 | 00 | 00 | ]...^..._...`... |
| 00000080 | 61 | 14 | 00 | 00 | 62 | 14 | 00 | 00 | 63 | 14 | 00 | 00 | 64 | 14 | 00 | 00 | a...b...c...d... |
| 00000090 | 65 | 14 | 00 | 00 | 66 | 14 | 00 | 00 | 67 | 14 | 00 | 00 | 68 | 14 | 00 | 00 | e...f...g...h... |
| 000000A0 | 69 | 14 | 00 | 00 | 6A | 14 | 00 | 00 | 6B | 14 | 00 | 00 | 6C | 14 | 00 | 00 | i...j...k...l... |
| 000000B0 | 6D | 14 | 00 | 00 | 6E | 14 | 00 | 00 | 6F | 14 | 00 | 00 | 70 | 14 | 00 | 00 | m...n...o...p... |
| 000000C0 | 71 | 14 | 00 | 00 | 72 | 14 | 00 | 00 | 73 | 14 | 00 | 00 | 74 | 14 | 00 | 00 | q...r...s...t... |
| 000000D0 | 75 | 14 | 00 | 00 | 76 | 14 | 00 | 00 | 77 | 14 | 00 | 00 | 78 | 14 | 00 | 00 | u...v...w...x... |
| 000000E0 | 79 | 14 | 00 | 00 | 7A | 14 | 00 | 00 | 7B | 14 | 00 | 00 | 4D | 14 | 00 | 00 | y...z...{...M... |
| 000000F0 | 4E | 14 | 00 | 00 | FF | FF | FF | FF | FF | FF | FF | FF | FF | FF | FF | FF | N.............. |
| 00000100 | FF | FF | FF | FF | FF | FF | FF | FF | FF | FF | FF | FF | FF | FF | FF | FF | ................ |

# 파일 복구 – 파일 카빙(파일 구조 검증 방법)

- ✓ 데이터 표현 위한 고유한 계층 구조를 검증하여 카빙하는 방법
- ✓ 문서 파일과 같이 빈번한 수정이 이루어지는 경우 사용

**파일 구조 검증 방법을 적용할 수 있는 파일 포멧**

| 파일 포맷 | 시그니처 | |
|---|---|---|
| | 헤더 (Hex) | 푸터 (Hex) |
| ZIP | 50 4B 03 04 | 50 4B 05 06 |
| ALZ | 41 4C 5A 01 | 43 4C 5A 02 |
| RAR | 52 61 72 21 1A 07 | 3D 7B 00 40 07 00 |
| Compound | D0 CF 11 E0 A1 B1 1A E1 | - |

# Q & A