

16.4 ФАЙЛОВА СИСТЕМА FAT

Файлова система FAT (File Allocation Table) отримала своє найменування відповідно до назви методу організації даних – *таблиці розподілу файлів*. Коли FAT була винайдена, це було чудове рішення для управління дисковим простором, головним чином тому, що гнучкі диски, на яких вона використовувалася, нечасто були розміром більше одного Мб. FAT була досить мала, і перебувала в пам'яті постійно, дозволяючи забезпечувати дуже швидкий довільний доступ до будь-якої частини будь-якого файлу.

Обмеження FAT на найменування файлів і каталогів успадковані з ОС CP/M. Нова видозмінена система, перейменована в MS-DOS (Microsoft Disk Operation System), майже повністю успадкувала структуру FAT від своєї попередниці.

FAT, спочатку орієнтована на невеликі диски і прості структури каталогу, використовувалася у всіх версіях MS-DOS і в перших двох випусках OS/2 (версії і 1.1). Коли FAT була застосована на жорстких дисках, вона стала занадто великою для резидентного знаходження в пам'яті і погіршувала продуктивність системи. Крім того, використання FAT щодо великих кластерів на жорстких дисках призвело до великої кількості невикористаних ділянок, так як в середньому для кожного файлу половина кластеру була порожньою.

Протягом декількох років Microsoft і IBM робили спроби продовжити життя файлової системи FAT, завдяки зняттю обмежень на розміри тому, удосконалення стратегій розподілу, кешування імен шляху, і переміщення таблиць і буферів у розширену пам'ять.

Розмір таблиці FAT і розрядність використовуваних в ній індексних покажчиків визначається кількістю кластерів (блоків) в області даних. Для зменшення втрат через фрагментації бажано кластери робити невеликими, а для скорочення обсягу адресної інформації і підвищення швидкості обміну навпаки - чим більше кластер, тим краще. При форматуванні диска під файлову систему FAT зазвичай вибирається компромісне рішення, і розміри кластерів вибираються з діапазону від 1 до 128 секторів, або від 512 байт до 64 Кб.

У файлової системи FAT12 використовуються 12-розрядні покажчики, що

дозволяє підтримувати до 4096 кластерів в області даних диска. Максимальний розмір розділу міг досягати 2 Мб – $2^{12} * 512$ байт. Реально це число трохи менше, так як кілька значень індексного покажчика витрачається для ідентифікації спеціальних ситуацій, таких як «Останній кластер», «Невикористаний кластер», «Дефектний кластер» і «Резервний кластер». FAT-12 застосовувалася для гнучких дисків.

В FAT16 розміри кластерів – 512 байт, 1, 2, 4, 8, 16 і 32 Кб (2^{15}), і 16 -розрядні покажчики для 65536 кластерів. Максимальний розмір розділу диска міг досягати 2 Гб ($2^{16} * 32$ Кб).

В FAT32 – 32-розрядні адреси для більш ніж 4 мільярдів кластерів (хоча в FAT32 використовується тільки 28 молодших бітів дискової адреси). Розміри кластерів 512 байт, 1, 2, 4, 8, 16 і 32 Кб. Максимальний розмір розділу диска міг би досягати $2^{28} * 2^{15}$, але тут вже вступає інше обмеження – 512-байтні сектора адресуються 32-розрядним числом, а це $2^{32} * 2^9$, тобто 2 Тб.

Але все це в даний час можна розцінювати як тимчасові заходи, тому що файлова система просто вже не підходить до сучасних пристроїв довільного доступу.

На рис. 16.8 показана організація диска з використанням файлової системи FAT. FAT – це лінійна таблична структура з відомостями про файли: іменами файлів, їх атрибутами і іншими даними, що визначають місцезнаходження файлів в середовищі FAT. Елемент FAT визначає фактичну область диска, в якій зберігається початок фізичного файлу.

Блок параметрів BOOT-сектора (BR)	Резерв (ResSecs)	FAT1	FAT2 (копія)	Кореневий каталог (Rdir)	Каталоги і файли (область даних)
---	---------------------	------	-----------------	--------------------------------	-------------------------------------

Рисунок 16.8 – Дисковий розділ FAT

У файлової системи FAT дисковий простір будь-якого логічного диска ділиться на дві області: системну область і область даних.

Системна область логічного диска створюється і ініціалізується при форматуванні, а згодом оновлюється при маніпулюванні файловою структурою. Область даних містить файли і каталоги, підпорядковані кореневому каталогу. Системна область складається з наступних компонентів, розташованих в логічному

адресному просторі поспіль:

- стартовий сектор (сектор початкового завантаження, Boot-сектор);
- Boot Record складається з двох частин – disk parameter block (DPB) і system bootstrap (SB);
- структура блоку параметрів диска (DPB) служить для ідентифікації фізичного і логічного форматів логічного диска, а завантажувач system bootstrap (SB) грає істотну роль в процесі завантаження DOS.

Ця інформаційна структура (FAT-16) наведена в табл. 16.1:

Таблиця 16.1 – Структура завантажувального запису Boot Record для FAT-16

Позначення поля	Довжина поля, байт	Вміст поля
JAMP 3Eh	3, 00h	Безумовний перехід на початок SB
	8, 03h	Системний ідентифікатор
SectSize	2, 0Bh	Розмір сектора диска, байт
ClastSize	1, 0Dh	Кількість секторів в кластері
ResSecs	2, 0Eh	Кількість резервних секторів
FATcnt	1, 10h	Кількість копій FAT на диску
RootSize	2, 11h	Максим. к-ть елементів в каталозі RDir
TotSecs	2, 13h	Кількість секторів на диску
Media	1, 15h	Тип формату (Дескриптор) диска
FATsize	2, 16h	Розмір FAT, секторів
TrkSecs	2, 18h	Кількість секторів на доріжці
HeadCnt	2, 1Ah	Кількість робочих поверхонь
HidnSecs	4, 1Ch	Кількість прихованих секторів
	4, 20h	Кількість секторів на диску, якщо розмір перевищує 32 Мб
	1, 24h	Тип диска (00h-гнучкий, 80h-жорсткий)
	1, 25h	Резерв
	1, 26h	Маркер з кодом 29h
	4, 27h	Серійний номер тому
	11, 2Bh	Мітка тому
	8, 36h	Ім'я файлової системи
	3Eh	System bootstrap (SB)
	2, 1FE	Сигнатура (слово AA55h)

Перші два байти boot record займає JMP-команда безумовного переходу в програму SB. Третій байт містить код 90h (NOP – немає операції). Далі розташовується 8-байтовий системний ідентифікатор, що включає інформацію про

фірму розробника і версію ОС. Потім слідує DPB, а після нього SB.

16.4.1 Таблиця розміщення файлів

Таблиця розміщення файлів – дуже важлива інформаційна структура, що є картою (образом) області даних. Область даних розбивають на кластери. Кластер

– це один або декілька секторів в логічному дисковому адресному просторі (точніше тільки в області даних). Кожному кластеру області даних відповідає один елемент FAT. У таблиці FAT кластери, що належать одному файлу (чи некореневому каталогу), зв'язуються в ланцюжки. Для вказання номера кластера в FAT-16 використовується 16-бітове слово (від 0 до 65535 кластерів). Файл або каталог займає ціле число кластерів, останній з яких може бути задіяний не в повному обсязі.

FAT – вкрай важливий елемент файлової структури. Порушення в FAT можуть призвести до повної або часткової втрати інформації на всьому логічному диску. Саме тому на диску зберігається дві копії FAT. Існують спеціальні програми, які контролюють стан FAT і виправляють порушення.

Кореневий Каталог – це певна область диска, що створюється в процесі ініціалізації (форматуванні) диска, де міститься інформація про файли і каталоги, що зберігаються на диску. Кореневий каталог завжди існує на відформатованому диску. На одному диску завжди тільки один кореневий каталог. Розмір кореневого каталогу для цього диска – величина фіксована, тому максимальна кількість «прив'язаних» до нього файлів і інших (дочірніх) каталогів (підкаталогів) – строго визначена.

Область даних диска представлена в MS DOS як послідовність пронумерованих кластерів.

Каталоги (підкаталоги) – спеціальні файли з 32-бітовими елементами для кожного файлу, що міститься в цьому каталозі. MS DOS підтримує ієрархічну структуру каталогів (деревоподібну).

Логічне розбиття області даних на кластери як сукупності секторів замість використання поодиноких секторів має такий сенс:

- зменшується розмір таблиці FAT;
- зменшується можлива фрагментація файлів;
- прискорюється доступ до файлу, оскільки в декілька разів скорочується довжина ланцюжків фрагментів дискового простору.

Проте занадто великий розмір кластера веде до неефективного використання області даних, особливо при великій кількості маленьких файлів. Елемент для кожного файлу включає:

- ім'я файлу (8+3 символи), байт атрибуту (8 біт);
- час модифікації (16 біт), дату модифікації (16 біт);
- перший розміщуваний блок (16 біт);
- розмір файлу (32 біта).

Ця інформація використовується всіма операційними системами, що підтримують файлову систему FAT. Біти атрибуту файлу в елементі каталогу вказують, чи має файл відповідні атрибути. Встановлений перший біт ідентифікує файл як підкаталог, а другий – в якості мітки тому. Призначеннями цих бітів управляє операційна система. Крім того, файли FAT мають чотири спеціальні атрибути, які вказують, як ці файли може застосовувати користувач: архівний, системний, прихований і тільки для читання.

Файлова система з використанням таблиці розміщення файлів FAT проілюстрована на рис. 16.9.

Початковий номер кластера записується в елемент каталогу (Directory Entry). Таблиця FAT має стільки елементів, скільки є кластерів на диску. В елемент таблиці FAT з номером, відповідним номеру кластера ланцюжка, записується номер наступного кластера ланцюжка. При форматуванні диска в елементи FAT, відповідні дефектним кластерам, записується код F7. Вільні кластери позначаються кодом 00. В елемент FAT, що відповідає останньому кластеру ланцюжка, записується код FF.

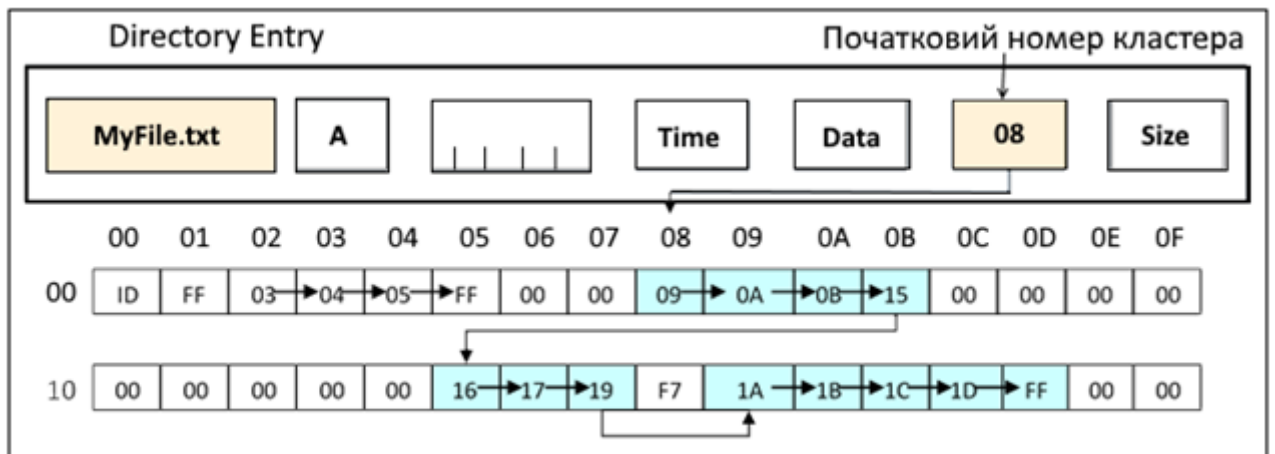


Рисунок 16.9 – Основна концепція FAT

З рис. 16.9 видно, що файл з ім'ям MyFile.txt розміщується, починаючи з 8-го кластера. Усього файл займає 12 кластерів. Ланцюжок кластерів (chain) для нашого прикладу: 8, 9, 0A, 0B, 15, 16, 17, 19, 1A, 1B, 1C, 1D. Кластер з номером 18 позначений спеціальним кодом F7 як поганий (bad), не використовується для розміщення даних. Кластер 1D позначений кодом FF як кінцевий кластер (останній в ланцюжку), що належить даному файлу. Вільні (незайняті) кластери позначаються кодом 00.

При виділенні нового кластера для запису файлу береться перший вільний кластер. Оскільки файли на диску змінюються – видаляються, переміщуються, збільшуються, зменшуються, – то згадане правило виділення першого вільного кластера для нової порції даних призводить до **фрагментації файлів**, що веде до істотного уповільнення роботи з файлами.

Windows NT, починаючи з версії 3.5, використовує біти атрибуту для підтримки довгих (до 255 символів) імен файлів в розділах FAT. Цей спосіб не заважає MS-DOS або OS/2 звертатися до подібного розділу. Всякий раз, коли користувач створює файл з довгим ім'ям (що перевищує стандартне для FAT обмеження «8+3»), Windows NT засновує елемент каталогу для цього файлу, що відповідає угоді «8+3» (за тими правилами, що і для NTFS) з додаванням одного або декількох вторинних елементів каталогу.

Кожен з таких вторинних елементів розрахований на 13 символів в довгому імені файлу і зберігає довгу частину імені файлу в UNICODE. Для цих елементів встановлюються атрибути: том, системний, прихований, тільки для читання. MS-DOS і OS/2 ігнорують елементи каталогу з таким набором атрибутів, і останні не видимі в цих операційних системах. Замість них MS-DOS і OS/2 звертаються до елементів, що містять інформацію в стандартному вигляді «8+3».

Файлова система FAT Windows 9x і Windows NT функціонує аналогічно MS-DOS. Windows NT можна встановлювати на існуючому розділі FAT. Якщо ж комп'ютер працює під управлінням Windows 9x, довгі імена файлів і каталогів цілком допустимі, оскільки механізми роботи з довгими іменами в обох системах однакові. Файлова система FAT не забезпечує захисту даних і їх автоматичного відновлення. Тому FAT використовується лише в тому випадку, якщо на комп'ютері в якості

альтернативної системи встановлена MS-DOS або Windows 9x.

16.4.2 Файлова система FAT32

FAT32 – модифікована версія FAT, що дозволяє створювати розділи обсягом понад 2 Гб. Крім того, вона дає можливість використовувати кластери меншого розміру, і, відповідно, ефективніше витратити дисковий простір. Вперше дана файлова система з'явилася в Windows 95 OSR2. У табл. 16.2 порівнюються розміри кластерів, що встановлюються за замовчуванням для FAT і FAT32.

Таблиця 16.2 – Співвідношення між розміром розділу і розміром кластерів

Об'єм диска	Розмір кластера на FAT	Розмір кластера на FAT32
0 Мб – 32 Мб	512 байт	
32 Мб – 64 Мб	1 Кб	
64 Мб – 127 Мб	2 Кб	
128 Мб – 255 Мб	4 Кб	
256 Мб – 511 Мб	8 Кб	
512 Мб – 1023 Мб	16 Кб	
1024 Мб – 2048 Мб	32 Кб	
260 Мб – 8 Гб		4 Кб
8 Гб – 16 Гб		8 Кб
16 Гб – 32 Гб		16 Кб
> 32 Гб		32 Кб

Формат нової файлової системи не сумісний з колишнім форматом FAT, тому слід уважно підходити до вибору для роботи з диском таких утиліт, як дефрагментатори, антивіруси тощо. Завантажувальні записи інших ОС відрізняються від розглянутої. Так, наприклад, в завантажувальному секторі для тома з FAT-32 у блоці DPB містяться додаткові поля, а ті поля, що знаходяться в звичному для системи FAT-16 місці, перенесені. Структура завантажувального запису для FAT-32 наведена в табл. 16.3.

Таблиця 16.3 – Структура завантажувального запису Boot Record для FAT-32

Позначення поля	Довжина поля	Вміст поля
JAMP 3Eh	3, 00h	Безумовний перехід на початок SB
	8, 03h	Системний ідентифікатор
SectSize	2, 0Bh	Розмір сектора диска, байт
ClustSize	1, 0Dh	Кількість секторів в кластері
ResSecs	2, 0Eh	Кількість резервних секторів, для FAT-32 – 32
FATcnt	1, 10h	Кількість копій FAT на диску
RootSize	2, 11h	Максим. кількість елементів в каталозі Rdir (0000h)
TotSecs	2, 13h	Кількість секторів на диску (0000h)
Media	1, 15h	Тип формату (Дескриптор) диска
FATsize	2, 16h	Размір FAT, секторів (0000h)
TrkSecs	2, 18h	Кількість секторів на доріжці
HeadCnt	2, 1Ah	Кількість робочих поверхонь
HidnSecs	4, 1Ch	Кількість прихованих секторів (розташовуються перед завантажувальним сектором). Використовуються при завантаженні обчислення абсолютного зміщення кореневого каталогу і даних
	4, 20h	Кількість секторів на диску
	4, 24h	Число секторів в таблиці FAT
	2, 28h	Розширені прапори
	2, 2Ah	Версія файлової системи
	4, 2Ch	№ кластера для 1-го кластера кореневого каталогу
	2, 34h	№ сектора з резервною копією завантажувального сектора
	12, 36h	Зарезервовано