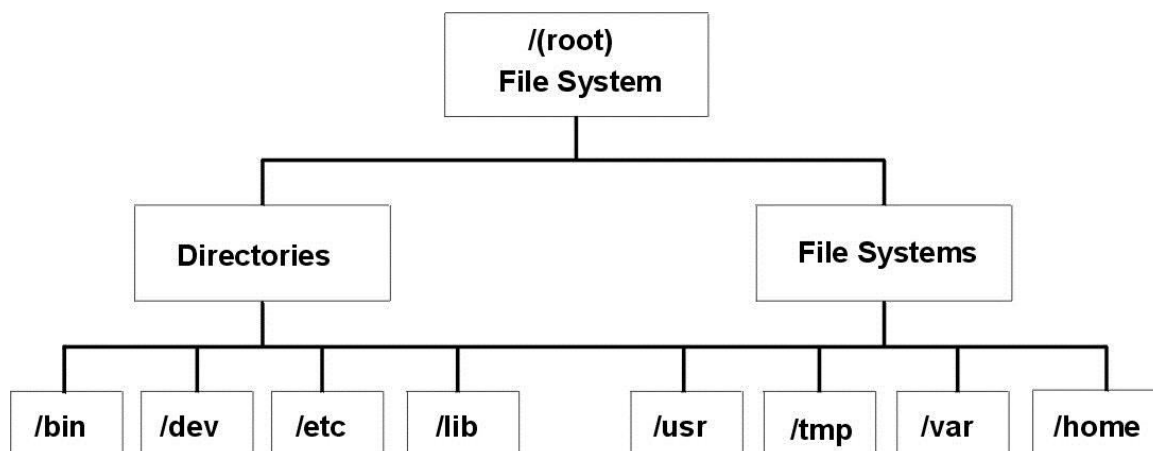


# ФАЈЛ СИСТЕМ



## Уопштено

Датотечни или фајл систем (File System) се користи ради контроле начина складиштења и враћања података. Без фајл система, информација спакована у медијум за складиштење био би само једно велико тело података без начина за откривање где се одређена информација завршава а друга почиње. Одвајањем података у делове и додељивањем имена сваком делу, информација се лако изолује и идентификује. Према начину како је систем назван, свака група података назива се „фајл“. Структура и логичка правила која се користе за управљањем групама информација и њиховим именима назива се датотечни систем или фајл систем.

Постоји много различитих врста фајл система. Сваки има различиту структуру и логику, својства брзине, флексибилности, безбедности, величине и др. Неки фајл системи су дизајнирани ради коришћења специфичних апликација. На пример, ISO 9660 фајл систем је специфично дизајниран за оптичке дискове.

Фајл системи могу да се користе на бројним различитим типовима уређаја за складиштење који користе различите врсте медија. Најчешћи уређај за складиштење података који је данас у употреби јесте хард диск. Друге врсте медија који се користе укључују флеш меморију, магнетне траке и оптичке дискове. У неким случајевима, главна меморија рачунара (RAM) се користи за прављење тренутног фајл система за краткотрајну употребу.

Неки фајл системи се користе на локалним уређајима за складиштење података. Други пружају приступ фајлу преко мрежног протокола (нпр. NFS, SMB, или 9P клијенти). Неки фајл системи су „виртуелни“ што значи да се испоручени фајлови (називају се виртуелни фајлови) генеришу по захтеву или су само пресликани у другачији фајл

систем који се користи као подршка за прави систем. Фајл систем управља приступу и садржају фајлова и метаподацима тих фајлова. Одговоран је за распоређивање простора складишта. Поузданост и ефикасност су важне ствари на које мора да обрати пажњу при дизајнирању.

## **Архитектура**

Фајл систем се састоји од два или три слоја. Некада су слојеви експлицитно раздвојени а некада се функције комбинују. Ти слојеви су логички фајл систем, виртуелни фајл систем (може да постоји али не мора) и физички фајл систем.

**Логички фајл систем** је одговоран за интеракцију са корисничком апликацијом. Он пружа апликациони програмски интерфејс (API) за операције као што су OPEN, CLOSE, READ итд. и пропушта захтевану операцију слоју испод њега за процесирање. Овај слој пружа приступ фајлу, операције над директоријумима, као и сигурност и заштиту.

Други, опциони слој јесте **виртуелни фајл систем**. Овај интерфејс омогућава подршку вишеструких популарних верзија физичких фајл система, од којих се сваки зове имплементација фајл система.

Трећи слој је **физички фајл систем**. Овај слој управља физичком операцијом уређаја за складиштење (нпр. Диск). Он процесуира да ли су физички блокови прочитани или написани. Такође управља баферингом (складиштење података у бафер) и меморијским управљањем и одговоран је за физичко пласирање блокова у одређеним локацијама на медијуму за складиштење. Физички фајл систем узајамно делује са управљачким програмима уређаја.

## **Типови фајл система**

Типови фајл система могу да се поделе на диск/тракасте фајл системе, мрежне фајл системе и фајл системе посебне примене.

**Диск фајл системи:** Диск фајл систем користи предности способности медија за складиштење на диску да насумично адресира податке у кратком временском периоду. Додатно разматрање укључује брзину приступа података а примери за овакав фајл систем су FAT (FAT12, FAT16, FAT32), NTFS, ISO 9660 и други. ISO 9660 и UDF (Universal Disk Format) су два честа формата која су усмерена ка CD, DVD и Blu-Ray дисковима.

**Флеш фајл системи:** Флеш фајл системи разматрају посебне могућности, перформансе и ограничења уређаја који користе флеш меморију. Често диск фајл систем може да користи флеш меморијски уређај као основни медијум за складиштење али је много боље користити фајл систем специфично дизајниран за флеш уређај.

**Фајл системи базе података:** Додатни концепт за управљање фајлова јесте идеја о фајл систему заснован на бази података. Уместо / уз хијерархијско структурно управљање, фајлови су идентификовани по својим карактеристикама као што су тип, тема, аутор или слични метаподаци.

**Тракасти фајл системи:** Тракасти фајл систем је фајл систем који је дизајниран да складишти фајлове на траци у само описујућој форми. Магнетне траке су секвенцијални медијум за складиштење са значајно дужим насумичним временом за приступ у односу на дискове. У диск фајл систему обично постоји мастер директоријум фајла и мапа коришћених и слободних региона података. Било који додаци, промене или уклањања захтева ажурирање директоријума и коришћених/слободних мапа. Насумични приступ регионима података се мери у милисекундама тако да је овај систем добар за дискове. Траке захтевају линеарно кретање и зато том кретању треба неколико секунди до неколико минута за кретање од једног краја траке до другог ради читања или писања.

Зато, мастер директоријуми фајла и мапа коришћености може бити изузетно спори и неефикасни са траком. Писање обично укључује читање блока коришћене меморије да би се пронашли слободни блокови за писање, ажурирање коришћености мапе и директоријума ради додавања податка, а онда померање траке за писање података на одређено место. Свако додатно писање фајлова захтева ажурирање мапе и директоријума и писање података, што може трајати неколико секунди по сваком фајлу. IBM је развио фајл систем за траке под називом Linear Tape File System. IBM имплементација овог фајл система је објављена као производ отвореног кода (LTFS-SDE).

**Мрежни фајл системи:** Мрежни фајл систем је фајл систем који се понаша као клијент за протокол за удаљени приступ, пружајући приступ фајлова на серверу. Програми који користе локалне интерфејсе могу транспарентно да праве, управљају и приступају хијерархијским директоријима и фајлова у даљински мрежни-повезаним рачунарима. Примери мрежних фајл система укључују клијенте за NFS, AF S, SMB протоколе и фајл-системске клијенте попут FTP и WebDAV.

Постоје и други типови фајл система као што су трансакцијски фајл системи, посебни фајл системи, равни (Flat) фајл системи и др.

## **Аспекти фајл система**

**Управљање простором:** Фајл системи додељују простор на гранулиран начин, обично вишеструких физичких јединица уређаја. Фајл систем је одговоран за организацију фајлова и директоријума и праћењу које области медија припадају ком фајлу и који се не користе. Ови резултати у неискоришћеном простору када фајл није исти као расподељена јединица, назива се „лабав простор“ (slack space). За 512-битну доделу,

просечан неискоришћени простор је 256 бита. За 64 KB, просечан неискоришћен простор је 32 KB.

**Име фајла (filename):** Име фајла користи се ради идентификације складишта у фајл систему. Већина фајл система имају ограничења на дужини имена фајла. У неким фајл системима, имена фајла нису осетљива на велика и мала слова, док негде јесу. Већина модерних фајл система дозвољавају да имена фајлова садрже велики опсег карактера из Unicode списку карактера. Међутим, имају ограничења на одређеним карактерима јер се могу користити за назначивање уређаја, тип уређаја, префикс директоријума или тип фајла.

**Директоријуми:** Фајл системи обично имају директоријуме (други назив су фолдери) који су омогућавали кориснику да групише фајлове у одвојене целине. Ово може да се имплементује додељивању индекса имену фајла у табели садржаја или иноду у UNIX-оликим фајл системима. Структуре директоријума могу бити линеарне или дозвољавати хијерархије где фолдери могу имати подфолдере. Први фајл систем који је подржао произвољне фолдерске хијерархије користио се на Multics оперативном систему. Фајл системи UNIX-оликих система такође подржавају произвољне фолдерск хијерархије, то су:

- Apple-ов Hierarchical File System и његов наследник HFS+ на класичном Mac OS
- FAT у MS-DOS-у и Windows-у
- NTFS у Windows NT породици система
- ODS-2 на OpenVMS-у

**Метаподаци:** Друге информације обично су повезане са сваким фајлом у фајл систему. Дужина података садржана у фајлу може да се складишти као број блокова додељених фајлу или као рачунан бит. Време када је фајл задњи пут модификован може да се складишти као фајлов timestamp. Фајл системи могу да складиште време стварања, време последњег приступа, време када су метаподаци мењани итд. Друге информације могу да укључују и тип уређаја фајла (блок, карактер, сокет, подфолдер итд.), кориснички или групни ID, своје дозволе и друге атрибуте фајла (нпр. да ли је фајл извршни (executable), доступан само у верзији за читање (read-only) итд.).

Фајл систем чува све метаподатке који су повезани са фајлом – укључујући име фајла, дужину садржаја фајла и локацију фајла у хијерархији фолдера – одвојено од садржаја фајла.

Већина фајл система складиште имена свих фајлова у једном директоријуму на једном месту, и то се често складишти као и било који други фајл. Многи фајл системи остављају само неке метаподатке у табелу директоријума а остатак метаподатака држе у потпуно одвојеној структури, као што је то инода. Већина фајл система такође складишти метаподатке који и нису повезани са било којим одређеним фајлом. Такви метаподаци укључују информације о неискоришћеним регионима (слободни битмап простор, мапа доступности блокова, информације о лошим секторима...).

**Ограничавање и дозвољавање приступа:** Постоје неколико механизма који користе фајл системи ради контроле приступа подацима. Обично је намера да се спречи читање или модификација фајлова од стране корисника или групе корисника. Додатан разлог је да се осигура да се податак мења на контролисан начин тако да приступ може да буде ограничен на одређени програм. Примери укључују шифре које се чувају у метаподацима фајла и дозволе фајлова у форми бита, контролних листи приступа итд. Методе за шифровање података некада се налазе у фајл систему. Ово је веома ефективно јер нема потребе да системски програми знају „семе шифровања“ (encryption seed) да би ефикасно управљали податком. Ризици ослањања на шифровање укључују чињеницу да нападач може да копира податак и насилно покуша да дешифрује податак. Губљење семена значи и губљење податка.

**Кориснички подаци:** Најбитнија сврха фајл система јесте управљање корисничким подацима. Ово укључује складиштење, враћање и ажурирање података. Неки фајл системи прихватају податке за складиштење као ток битова који се скупљају и складиште на начин који је ефикасан за медијум. Када програм враћа податке, он одређује величину меморијског бафера а фајл систем преноси податке из медијума у бафер. Runtime library routine некада може да дозволи корисничком програму да дефинише запис заснован на позиву библиотеке наводећи дужину.

Када кориснички програм чита податак, библиотека враћа податак преко фајл система и враћа запис. Неки фајл системи дозвољавају спецификацију фиксираних дужина записа која се користи за сва читања и писања. Идентификација за сваки блок, такође познат и као кључ, део је више софистициранијег фајл система. Кориснички програм може да чита, пише и ажурира записе без обзира на њихову локацију. Ово захтева компликовано управљање блоковима медијума обично раздвајајући блокове кључа и блокове података.

**Ограничење дизајна:** Сви фајл системи имају неку врсту функционалног лимита који дефинише максимални капацитет складиштеног податка унутар тог система. Ови функционални лимити зависе од дизајнера заснованог на томе колико су системи за складиштење велики сада и колико ће постати већи у будућности. Складиштење на диску је наставило да се повећава на експоненцијалном нивоу (Муров закон), тако да после неколико година, фајл системи су долазили до ограничења у дизајну који захтевају од корисника да се брзо пребацују на новији систем са још већим капацитетом.

**Више фајл система унутар једног система:** Тренутно су малопродајни системи конфигурисани са једним фајл системом који окупира читав уређај за складиштење.

Други приступ јесте партиционисање диска тако да неколико фајл система са другачијим атрибутима могу да се користе. Један фајл систем, за кеш интернет прегледача, може да се конфигурише са мало додељене меморије. Ово има додатну предност јер се брисање и стварање фајлова за активност на интернет прегледачу извршава не сметајући додели других фајлова. Слична партиција може се направити за

email. Друга партиција може се доделити за складиштење аудио или видео фајлова са релативно великом доделом меморије.

Трећи приступ, који се најчешће користи у cloud системима јесте коришћење „слика дискова“ (disk images) ради складиштења додатних фајл система унутар још једног фајл система. Пример за то је виртуелизација: један корисник може да покрене експерименталну дистрибуцију Linux-а (користећи ext4 фајл систем) преко виртуалне машине под својим Windows окружењем (користећи NTFS). Ext4 фајл систем налази се на disk image-у који се третира као фајл унутар NTFS главног фајл система.

## **FAT и NTFS**

### **FAT**

Породица FAT фајл система је подржана од стране скоро свих оперативних система за персоналне рачунаре укључујући све верзије Windows-а и MS-DOS-а. FAT фајл системи су погодни као универзални формат размене између рачунара и уређаја било ког типа и годишта.

Током година, фајл систем је проширен на FAT12, па на FAT16, све до FAT32. Разне опције додате су фајл систему укључујући подфолдере, продужене атрибуте и дуга имена фајлова. FAT12 и FAT16 фајл системи имали су ограничење на број уноса у root директоријуму фајл система и ограничења на максималну величину FAT форматираних дискова или партиција. FAT32 адресирао је ограничења у FAT12 и FAT16, али је остао и даље ограничен у поређењу са NTFS-ом. FAT12, FAT16 и FAT32 такође имају лимит од 8 карактера за име фајла и 3 карактера за екстензију (нпр. .exe).

### **NTFS**

NTFS је дошао са Windows NT оперативним системом 1993. године. Дозвољавао је контролу овлашћавања заснованој на ACL-у. Друге могућности које су подржане у NTFS-у су хард линкови, вишеструки токови фајлова, индексирање атрибута, праћење квота, енкрипција, компресија итд.