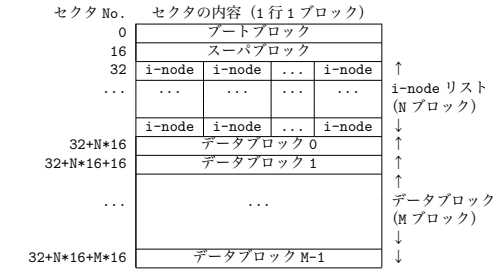
オペレーティングシステム
第１６章 UNIX ファイルシステム

https://github.com/tctsigemura/OSTextBook

UNIX ファイルシステム

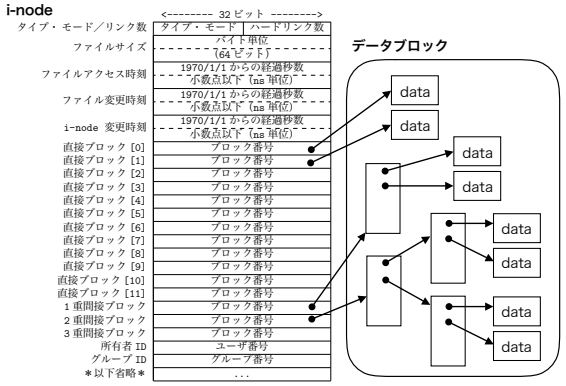
- UFS（UNIX File System）
- 1979 年にリリースされた Version 7 UNIX のファイルシステムとそれを改良した多くのファイルシステムを UFS と呼ぶ．
- 第１４章で「UNIX の場合」＝「UFS の場合」だった．
  - 木構造のディレクトリシステム
  - ハードリンク，シンボリックリンク
  - ボリュームのマウント
  - ファイルの属性（所有者：マルチユーザを意識）
  - ファイル操作のシステムコール，...
- 多くのファイルシステムが UFS に準拠している．
  - Windows の NTFS
  - macOS の HFS+，APFS
  - Linux の ext3，ext4

ボリューム内部の配置



- セクタ 512B，ブロック 16 セクタ
- i-node がファイルを表現する（i-node ＝ ファイル？）
- i-node のサイズ＝ 128B

i-node（index node）（1）



i-node（index node）（2）

- タイプ・モード
  - type/sst/rwxrwxrwx の 16 ビット
  - type：ファイル型（通常，ディレクトリ，シンボリックリンク等）
  - ss(Set-uid,Set-gid)：プログラムファイルを所有者の権限で実行
  - t：UNIX のバージョンによりさまざま
  - rwxrwxrwx：ファイルの保護モード
- リンク数：ハードリンク数
- ファイルサイズ：バイト単位
- *3* つの時刻
  - 最終アクセス時刻
  - 変更時刻
  - i-node 変更時刻

  時刻は，次の 2 つの 32 ビット整数で表現する．
  - 1970 年 1 月 1 日午前 0 時（UTC）からの経過秒数
  - 秒の小数点以下をナノ秒単位で表現

i-node（index node）（3）

- 直接ブロック
  - ファイル本体のデータ
  - $8KiB \times 12 = 96KiB$ まで表現（ブロックサイズ 8KiB 時）
  - ファイルの第 0 バイト〜第 $96Ki - 1$ バイトまでを管理
- *1* 重間接ブロック
  - 直接ブロックだけでは表現できない大きなファイルに使用
  - 1 重間接ブロックを用いてデータブロックの番号を格納
  - 1 重間接ブロックに $8KiB \div 4B = 2Ki$ 個のブロック番号を格納
  - 2Ki 個のデータブロックは $8KiB \times 2Ki = 16MiB$ のデータを格納
  - 第 $96Ki$ バイト〜第 $96KiB + 16MiB - 1$ バイトの範囲を受け持つ
- *2* 重間接ブロック
  - 1 重間接ブロックでも表現できない大きなファイルに使用
  - 2 重間接ブロックは 1 重間接ブロックの番号を格納
  - 2 重間接ブロックに $8KiB \div 4B = 2Ki$ 個のブロック番号を格納
  - 2Ki 個の 1 重間接ブロックは $16MiB \times 2Ki = 32GiB$ のデータを格納

i-node（index node）（4）

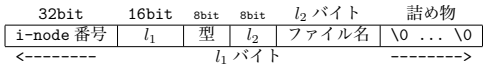
- *3* 重間接ブロック
  - 2 重間接ブロックを 2Ki 個管理できる
  - 2Ki 個の 2 重間接ブロックは $32GiB \times 2Ki = 64TiB$ のデータを格納
- 所有者 *ID*：ファイル所有者のユーザ番号（マルチユーザ）
- グループ *ID*：ファイルのグループ番号

インデクス方式 i-node のような構造を使う方式のこと．
高速なランダムアクセスができる．

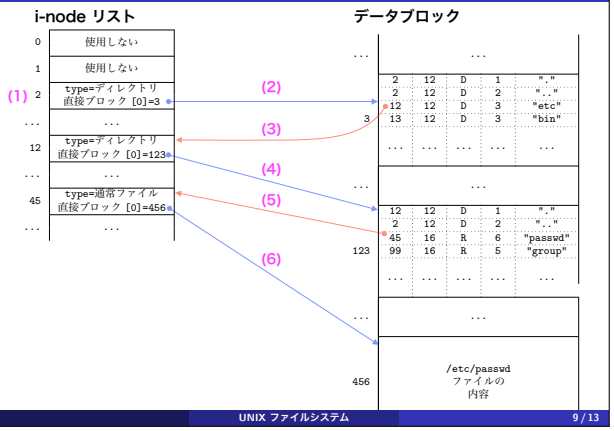
スパースファイル 途中に穴の空いたファイルのこと．
インデクス方式はスパースファイルを表現できる．

ディレクトリファイル

- ファイルの一種である．→ i-node により表現
- ファイルの型（type）がディレクトリを表す値のもの
- ディレクトリファイルはファイル名と i-node の対応表
- 対応表の 1 行がディレクトリエントリ



パス名と i-node の対応付け（/etc/passwd を解析）



パス名と i-node の対応付け（/etc/passwd を解析）

(1) 絶対パスなのでルートディレクトリから探索を開始する．
ルートディレクトリの i-node 番号は必ず 2 と決められている．

(2) ルートディレクトリの i-node から，データブロック 3 にルートディレクトリの内容が格納されていることが分かる．

(3) データブロック 3 の 3 番目のエントリから，etc が 12 番の i-node に対応すると分かる．

(4) 12 番目の i-node から etc はディレクトリファイルであること，内容がデータブロック 123 に格納されていることが分かる．

(5) データブロック 123 の 3 番目のエントリから，passwd が 45 番の i-node に対応することが分かる．

(6) 45 番目の i-node から passwd は普通のファイルであること，ファイルの内容がデータブロック 456 に格納されていることが分かる．

練習問題（1）

1. 次の言葉の意味を説明しなさい．
   - ブートブロック
   - スーパーブロック
   - i-node
   - i-node リスト
   - インデクス方式
   - スパースファイル
   - ディレクトリファイル
   - ディレクトリエントリ
   - 直接ブロック
   - 間接ブロック

練習問題（2）

2. ブロックサイズが 8 セクタ（4KiB）の場合，直接ブロックだけ用いて表現できるファイルの最大サイズを答えなさい．
3. ブロックサイズが 8 セクタ（4KiB）の場合，1 重間接ブロックを用いることによって，直接ブロックだけの場合と比較して，ファイルサイズを最大でどれだけ大きくできるか答えなさい．
4. ブロックサイズが 8 セクタ（4KiB）の場合，2 重間接ブロックを用いることによって，直接ブロックと 1 重間接ブロックだけ使用する場合と比較して，ファイルサイズを最大でどれだけ大きくできるか答えなさい．

練習問題（3）

5. 4 ページの例がスパースファイルを表現しているとする．また，ブロックサイズ等は「ボリューム内部の配置」で示したものと同じとする．次のアドレスはデータブロックが割り当てられいるか答えなさい．
   - (a) 第 0x00000000 バイト
   - (b) 第 0x00001000 バイト
   - (c) 第 0x00010000 バイト
   - (d) 第 0x00100000 バイト
   - (e) 第 0x01000000 バイト
   - (f) 第 0x10000000 バイト