

フラグメンテーション評価指標の提案

7M-1

玉川秀樹 田中利清 山田俊文
NTT 情報通信研究所

1. はじめに

固定長のブロックサイズを単位としてDK上の空き及び塞がりを管理するファイルシステムに対して、サイズの異なるファイルの作成・拡張・削除などを繰り返すとフラグメンテーションが生じる。このフラグメンテーションが進行するとファイルへのアクセスが遅くなったり、新規ファイル作成の際に不連続領域が割り当てられる等の問題が生じる。更に、連続した領域割り当てを要求された場合、ファイルの作成が出来なくなる可能性も生じる。

従って、それらの問題を回避若しくは、早期発見するために、フラグメンテーションの進行度合いを測定する方法が必要である。

本稿では、フラグメンテーションを評価する指標を提案する。

2. フラグメンテーション

フラグメンテーションには、大きく分けて外部フラグメンテーションと内部フラグメンテーションがある。

外部フラグメンテーションは、DK上のファイル実体及び空き領域がDK上で細かく分断されている状態を指す。一方、内部フラグメンテーションは、使用ブロック内部に空き領域が生じている状態を指す。

前者は、主にファイルのアクセス効率の低下を招き、後者は、DKの使用効率低下を招く。

本稿では、アクセス効率に重点を置き、外部フラグメンテーションに焦点を絞る。従って、以降の「フラグメンテーション」は全て外部フラグメンテーションを指すものとする。

よって、本稿ではフラグメンテーションを、「DK上のファイル実体及び空き領域が細かく分断されている状態」と定義する。

さらに、フラグメンテーションを以下の2種類に分類する。

- (a) ファイル実体のフラグメンテーション
フラグメンテーションのうち、ファイル実体が細かく分断されている状態。
- (b) 空きブロックのフラグメンテーション
フラグメンテーションのうち、空き領域が細かく分断されている状態。

3. フラグメンテーションによる問題

- (a) ファイル実体のフラグメンテーション
 - (1) フラグメンテーションの進んでいるファイルに対して連続領域をまたがってアクセスすると、次の連続領域へのシーク時間等がかかるため、アクセス効率が低下する。
- (b) 空きブロックのフラグメンテーション

(1) 新規にファイルを作成する場合、ファイル実体の割り当てが不連続になりやすい。→ファイル実体のフラグメンテーションを招く

(2) ファイルの作成時に、連続した領域を割り当てようとした場合、十分な空き連続領域が無いため、ファイルの作成が出来ない。

これらの2種類のフラグメンテーションは
・必ずしも同時に発生するとは限らないこと
・引き起こす問題が異なること

から、フラグメンテーション指標も以下の2種類を定義する。

- A. ファイル実体のフラグメンテーション指標
- B. 空きブロックのフラグメンテーション指標

4. フラグメンテーション指標

- A. ファイル実体のフラグメンテーション指標
以下の二案が考えられる。

案	観 点
案1	連続領域をまたがってアクセスする際にアクセス効率が低下する事に着目し、全使用ブロック数に対する連続領域数-1の和の割合で算出する。
案2	連続領域が複数に分かれているファイルが、全ファイルに占める割合と、平均連続領域数によりフラグメンテーションの度合いを算出する。

ファイル実体のフラグメンテーション指標 ff1 (案1) 及び ff2 (案2) の算出式を以下に示す。

$$ff1 = \frac{fa \sum_{i=1}^{fa} (d_i)}{bu} \cdot 100 (\%)$$

ここで、 d_i : ファイル個々の連続領域数-1
fa : 全ファイル数
bu : 全使用ブロック数

$$ff2 = \frac{fd}{fa} \cdot \frac{dav}{c} \cdot 100 (\%)$$

ここで、fd : 連続領域が複数に分かれているファイル数
fa : 全ファイル数
dav : (連続領域数-1) の平均値
c : 係数

案1は、連続領域数が一定の時、全使用ブロック数が小さいほど指標が高くなるが、これは使用ブロック数が小さいほど、連続領域をまたがってアクセスする可能性が高くなるためである。使用ブロック数が一定のときにも同様に、連続領域数が大きい程指標が高くなる。

案2は、fdが大きい程指標が高くなるが、これはアクセス効率が低下するおそれのあるファイルへアクセスする可能性が高くなるためである。davが大きい程指標値が高くなるのは、案1と同様に連続領域をまたがってアクセスする可能性が高くなるためである。

Indices for Evaluating Fragmentation

Hideki Tamagawa, Toshikiyo Tanaka, Toshifumi Yamada
NTT Information and Communication Systems Labs.

B. 空きブロックのフラグメンテーション指標

以下の三案が考えられる。

	観 点
案1	全空きブロック数に対する既存ファイルサイズ平均値未満の空きブロック数で算出する。
案2	全空きブロック数に対する既存ファイルサイズ最大値未満の空きブロック数で算術する。
案3	作成するファイルサイズ未満の空きブロック数で算出する。

空きブロックのフラグメンテーション指標 f_u の算出式を以下に示す。

$$f_u = \frac{\sum_{i=1}^k (u_i)}{b} \cdot 100 (\%)$$

ここで、 b : 全空きブロック数
 u_i : n ブロック未満の空きブロック連続領域のブロック数
 k : n ブロック未満の空きブロック連続領域の数

また n は各案に対応して以下の値をとる。

- (案1) n : 既存ファイルサイズの平均値
- (案2) n : 既存ファイルサイズの最大値
- (案3) n : 作成するファイルのサイズ

三案ともに、サイズが n 未満の小さな連続空き領域がどの程度存在するかにより、ファイル作成困難度を表すものである。

5. シミュレーション

<モデル>

- ・ファイル空間管理方式…エクステント管理方式 (ファイル割り当てブロックと空きブロックのそれぞれについて連続領域をエントリとする管理テーブルで管理。新規エントリは管理テーブルの最後尾に追加)
- ・ファイル空間の割り当て方式…単独で要求量を満たす空きエクステントを管理テーブルの最後尾からサーチして割り当てる。単独で要求量を満たす空きエクステントが存在しない場合、管理テーブルの最後尾から複数の空きエクステントを割り当てる。
- ・ブロック長…4 K B y t e
- ・D K の特性

項目	単位	モデル値
バッファ容量	KByte	4 0 0
シリンダ容量	KByte	4 0 0
回転時間	msec	1 1
平均回転待ち時間	msec	6
平均シーク時間	msec	1 0
データ転送時間	msec/4KByte	2. 3

<シミュレーション方法>

- (1) 100ファイル作成 (作成サイズは、平均値SavのPoisson分布に従う)
- (2) ランダムに1ファイル消去
- (3) 1ファイル作成 (作成サイズは、平均値SavのPoisson分布に従う)
- (4) ランダムに1ファイル選択し1ブロック拡張
- (5) (2) ~ (4) を繰り返す。実行回数を t 。

<結果>

A. ファイル実体のフラグメンテーション指標

ファイルにシーケンシャルアクセスした場合の平均アクセス時間をDKの特性より算出し、ファイル実体のフラグメンテーションが生じていない場合の平均アクセス時間との比を acc とした。図5-1に実行結果の一例を示す。 acc の増加傾向と $ff1, ff2$ の増加傾向がほぼ一致しており、 $ff1, ff2$ 共にアクセス効率の低下度合いを示しているといえる。しかし、 $ff2$ は、Savの値に関係なくほぼ同じであり、Savの違いによるアクセス効率の低下度合いを表していない。

従って、 $ff1$ が良いと思われる。

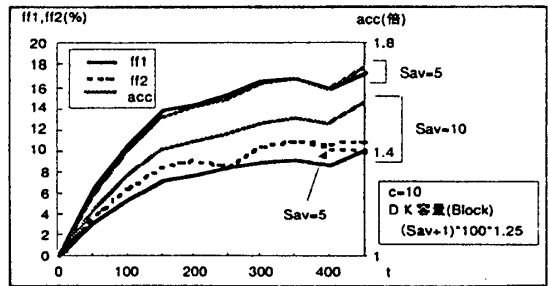


図5-1 ff1,ff2のシミュレーション結果

B. 空きブロックのフラグメンテーション指標

ファイルを作成しようとしたときに、連続領域を確保出来ない確率を un とした。図5-2に実行結果の一例を示す。 $fu3$ (案3) は、指標の変動が大きいため、フラグメンテーションの進行度合いがわかりにくい。が、 $fu1$ (案1)、 $fu2$ (案2) は、指標の変動も小さくフラグメンテーションの進行度合いがわかりやすい。但し、 $fu2$ は、 un が低い段階で100%に張り付くが、 $fu1$ は un がある程度高くなった段階で100%となる。

従って、ファイルが不連続となることが許されないシステムにおいては、 $fu2$ が良いが、それ程厳しくないシステムにおいては、 $fu1$ が良いと思われる。

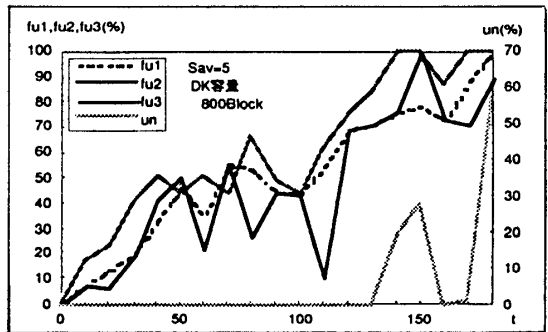


図5-2 fu1,fu2,fu3のシミュレーション結果

6. まとめ

本稿では、フラグメンテーションの評価指標として、ファイル実体のフラグメンテーション指標と、空きブロックのフラグメンテーション指標を提案した。また、簡単なモデルをもとにシミュレーションを行った。

今後は、複雑なモデルに関してのシミュレーションと実際のDKに関しての計算を行い、指標の検証を行う予定である。

7. 参考文献

- [1] 萩原宏監修、前川守著、ホレーティング・システム、1972