

動画情報のディスクアクセス方式の評価

2G-9

鈴木 偉元 阪本 秀樹 西村 一敏

NTT ヒューマンインタフェース研究所

1 まえがき

ディスクに蓄積した動画情報の多重読取り方式として様々な方式が提案されている。データの読取り周期毎にディスクヘッドのシーク距離が最短になるように読取り順番を並べ替える方式 (SCAN 方式)[1] は、番組要求が到着した時にタイムスロットを割り当て、それによって周期的に読取る方式 (FIFO 方式)[2] に比べ、磁気ディスクの読取り効率が向上する分、同時に提供できるデータストリーム数の最大値 (多重度) を増加できるとの報告がなされている [3]。その反面、ディスク I/O を読取り周期の境界まで溜めて最適な順番に並べ替えてから発行するため、番組の頭出し遅延 (番組要求の受付時からデータ転送開始までの時間) が長くなる欠点がある。

本稿では、SCAN 方式による頭出し遅延を理論解析により算出し、多重度を同じにした条件で SCAN 方式と FIFO 方式の頭出し遅延を比較することによって両方式の有効適用領域を明らかにする。

2 SCAN 方式

2.1 頭出し遅延

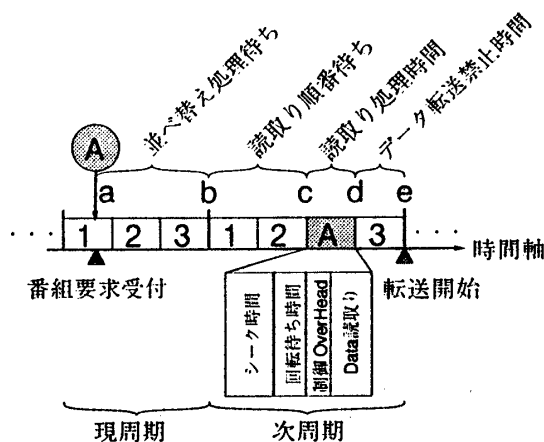


図 1: SCAN 方式の頭出し遅延

図 1 は、ある番組要求 A を例にした SCAN 方式による頭出し遅延の説明である。データの読取りは、読取り周期毎に 1 チャンネル当り 1 周期時間分のデータ (1 セグメント) だけ読取る。読取り周期は、提供中のデータストリーム数だけ読取りが完了した時点で次へ移る。以下では、1 セグメントの読取りに要する時間をタイムスロット、要求 A

を受け付けた時の周期を現周期、その次の周期を次周期と呼ぶこととする。図 1 において、要求 A の受け付け時刻を a、現周期の終了時刻を b、要求 A のためのタイムスロットの開始と終了時刻をそれぞれ c、d、次周期の終了時刻を e とする。頭出し遅延は a ~ e であり、並べ替え処理待ち (a ~ b)、読取り順番待ち (b ~ c)、読取り処理時間 (c ~ d)、データ転送禁止時間 (d ~ e) の合計である。データ転送禁止は、次の周期においてデータの読取り順番を後回しにされた場合でもバッファ内のデータが空になることがないようにするために必要となる [3]。

2.2 頭出し遅延の算出

サーバの多重度を M とした時、現周期にて提供中のデータストリーム数が n-1 であるところへ新規の番組要求が 1 つだけ到着すると仮定した場合 (下限値)、この n 番目の番組要求について頭出し遅延を算出する。求める頭出し遅延は、並べ替え処理待ちの時間と次周期時間の合計である。よって、タイムスロット長の平均値を t_0 とし、番組要求が一樣に到着すると仮定すると頭出し遅延の平均値 $d_{ave}(n)$ は次式で与えられる。

$$d_{ave}(n) = \frac{n-1}{2}t_0 + nt_0 \quad (1 \leq n \leq M) \quad (1)$$

また、頭出し遅延が最大となるのは番組要求の到着が周期境界の直後に来た場合であり、最大値 $d_{max}(n)$ は次式で与えられる。

$$d_{max}(n) = (n-1)t_0 + nt_0 \quad (1 \leq n \leq M) \quad (2)$$

3 SCAN 方式と FIFO 方式の比較

3.1 読取りオーバーヘッドと読取り周期の関係

動画番組のビットレートを V、磁気ディスク 1 台の読取り速度を R、並列台数を x、読取りオーバーヘッド時間を O、読取り周期を T とする。サーバの多重度 M は 1 セグメントの再生時間 (1 周期) とその読取り時間の比であり、次式で与えられる [2]。

$$M = \frac{T}{\frac{TV}{xR} + O} \quad (3)$$

よって、読取り周期 T と読取りオーバーヘッド O の間には次式の関係が成り立つ。

$$T = \frac{1}{\frac{1}{M} - \frac{V}{xR}} \quad (4)$$

これより、FIFO 方式の場合の読取りオーバーヘッドと周期を O_F, T_F 、SCAN 方式の場合を O_S, T_S とし、両方式にてサーバの設計条件 (V, R, x, M) を等しくした場合には次式の関係が成り立つ。

$$\frac{T_S}{T_F} = \frac{O_S}{O_F} \quad (5)$$

Comparative analysis of disk access algorithms for video programs.,

Hideharu SUZUKI, Hideki SAKAMOTO, and Kazutoshi NISHIMURA,

NTT Human Interface Laboratories

3.2 頭出し遅延

図2は、FIFO方式とSCAN方式の頭出し遅延を示す。FIFO方式の頭出し遅延は、既に筆者らによって理論解析した結果を報告している[4]。FIFO方式は、サーバの多重度に対する提供しているデータストリーム数の割合(サーバ使用率)が小さい場合であっても周期当りのタイムスロット数を減らさず、割り当てたタイムスロットに従って周期的にディスクへI/Oを発行する。また、サーバがサポートできる端末数は十分大きいことを仮定している。SCAN方式の頭出し遅延は、(5)式から M を用いて t_0 を求め、(1)及び(2)式へ代入し、FIFO方式に対するSCAN方式の読取りオーバーヘッド時間の短縮率($\frac{O_S}{O_F}$)をパラメータとして T_F で正規化した。縦軸は T_F を1とした場合の頭出し遅延、横軸はサーバ使用率である。SCAN方式による読取りオーバーヘッド時間の短縮効果がない場合($\frac{O_S}{O_F}=1$)、頭出し遅延に関して最大値、平均値ともにFIFO方式が優れている。SCAN方式では、読取りオーバーヘッド時間の短縮率が向上するに従って頭出し遅延が短縮する。最大値を比較した場合には、SCAN方式による読取りオーバーヘッド時間の短縮率が0.5以下になれば、FIFO方式よりも短い時間で頭出しできる。平均値を比較した場合には、SCAN方式による読取りオーバーヘッド時間の短縮率が0.3以下になれば、サーバ使用率の高いところでFIFO方式よりも短い時間で頭出しできる領域が存在する。

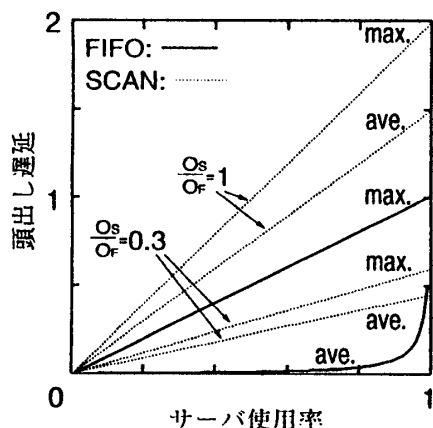


図2: SCAN方式とFIFO方式の平均頭出し遅延

頭出し遅延の頻度分布について考察した場合、SCAN方式では最小値から最大値まで一様に分布するのに対し、FIFO方式では最小値から平均値近傍の範囲に集中し、最大値をとることはほとんどあり得ない。そこで両方式を比較するには平均値にて行うことが妥当であると思われる。図3は、頭出し遅延の平均値に関する両方式の有効適用領域を示す。縦軸はサーバ使用率、横軸はSCAN方式による読取りオーバーヘッド時間の短縮率である。同じディスクを用い、多重度を等しく設計した場合、平均頭出し遅延の点でSCAN方式が優れるのは、図3左上斜線で示した領域である。例えばサーバ使用率が99%、読取りオーバーヘッド時間の短縮率が0.3の場合である。

表1は、市販の3.5インチ SCSI 磁気ディスクの仕様例である。比較のために読取りオーバーヘッド時間を平均シーク時間、平均回転待ち時間及び制御オーバーヘッド時間の合計であるとする。仮に、SCSI制御のオーバーヘッド時間を

1ms以下とするとFIFO方式の読取りオーバーヘッド時間は約14msとなる。SCAN方式にてシーク時間を最小にできると仮定すると、読取りオーバーヘッド時間は約7msとなる。これより、平均値で評価した場合には図3斜線部の条件を満足するのは難しいことがわかる。

本比較評価は、サーバの多重度がFIFO方式にて設計可能な範囲内であることを前提としたが、SCAN方式はFIFO方式では不可能な高多重の設計が可能である。

表1 磁気ディスク仕様

平均シーク時間	9 ms	回転速度	7200 rpm
最小シーク時間	1.6 ms	平均回転待ち時間	4.17 ms
最大シーク時間	18 ms	平均読取り速度	66 Mbps

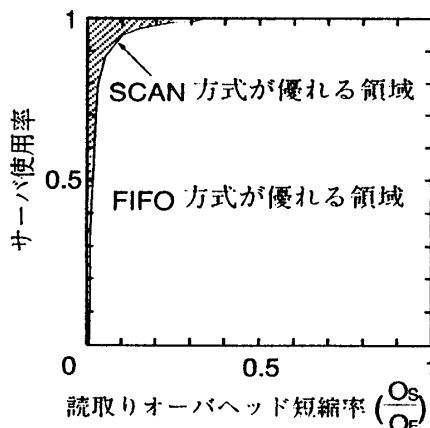


図3: SCAN方式とFIFO方式の適用領域

4 むすび

サーバの設計条件(ディスク、多重度)を等しくした場合、頭出し遅延の点でSCAN方式とFIFO方式の有効適用領域を明らかにするため、FIFO方式に対するSCAN方式の読取りオーバーヘッド時間の短縮率とサーバの使用率をパラメータとして頭出し遅延について比較を行った。平均頭出し遅延の比較においてSCAN方式がFIFO方式より優れるためにはサーバ使用率が十分に高い条件で、SCAN方式による読取りオーバーヘッド時間の短縮率が0.3以下となる必要があることを明らかにした。

参考文献

- [1] Toby J. T., Tad B. P.: A comparative analysis of disk scheduling policies, *Comm. ACM*, Vol.5, No.3, pp.177-184 (1972).
- [2] 西村, 阪本, 鈴木, 森: デジタル動画情報の高多重読み取り方式, *テレビジョン学会技術報告*, Vol.18, No.20, pp.1-6 (1994).
- [3] *インタラクティブ・テレビ*, p.250, 日経BP社, 東京 (1994).
- [4] 阪本, 西村, 鈴木, 中野: デジタルビデオオンデマンドシステムにおける大規模多重アクセス制御法, *画像電子学会第1回メディア統合技術研究会予稿集*, (1994).