

未参照バッファ数に着目した入出力バッファ分割法における Webサーバ平均応答時間の評価

河辺 誠弥† 山内 利宏‡ 乃村 能成‡ 谷口 秀夫‡

† 岡山大学工学部

‡ 岡山大学大学院自然科学研究科

1 はじめに

計算機で実行される処理には、利用者が優先したい処理（以降、優先処理）と他の処理（以降、非優先処理）がある。優先処理の実行時間を短縮するには、優先処理がアクセスするファイルのデータをキャッシュし、キャッシュヒット率を向上させることが有効である。そこで、我々は、ディレクトリ優先方式 [1]（以降、基本方式）を提案した。しかし、この方式には、非優先処理の実行時間が大きく増加する問題がある。本稿では、基本方式の有効性を保持したまま、非優先処理の実行時間の増加を抑制する入出力バッファ分割法 [2] について、Webサーバを用いた評価結果を報告する。

2 未参照バッファ数に着目した入出力バッファ分割法

2.1 ディレクトリ優先方式

基本方式は、入出力バッファを保護プールと通常プールの2つの領域に分割し、各プール内のバッファをLRU方式で管理する。また、入出力バッファに優先して保持したいファイルをディレクトリ単位で指定する。指定したディレクトリ直下のファイル（以降、優先ファイル）のバッファを保護プールに、その他のファイル（以降、非優先ファイル）のバッファを通常プールに格納する。優先処理が頻繁にアクセスするファイルの親ディレクトリを優先ディレクトリに指定することで、優先ファイルのキャッシュヒット率が向上し、実行時間を短縮できる。

しかし、この方式は、保護プールサイズが単調増加し、通常プールサイズが単調減少するため、非優先ファイルのキャッシュヒット率の低下により、非優先ファイルへのアクセス処理時間が増加してしまう。

2.2 入出力バッファ分割法

保護プールサイズの単調増加を抑制する方式として、未参照バッファ数に着目した入出力バッファ分割法 [2]（以降、提案方式）を提案した。提案方式は、一方のプー

表 1 Web アクセスしたファイルの情報（100,000 回要求）

	アクセス回数	優先ファイル		非優先ファイル	
		数	サイズ	数	サイズ
優先処理	23,571	52	10.7MB	—	—
非優先処理	26,105	109	4.0MB	—	—
	50,324	—	—	818	296.3MB
処理全体	100,000	161	14.7MB	818	296.3MB

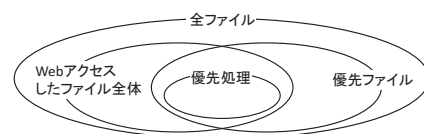


図 1 評価ファイルの包含関係

ル内に未参照のバッファがなくなったとき、他方のプール内の未参照のバッファ数に応じて、保護プールサイズの目標値（以降、 S_{target} ）を変更する。空きバッファを確保する際、現在の保護プールサイズ（以降、 S_{cur} ）と S_{target} の関係に基づき、バッファを解放するプールを選択する。選択規則を以下に示す。

- (1) $S_{cur} > S_{target}$ の場合、 S_{cur} を小さくするため、保護プールからバッファを解放する。
- (2) $S_{cur} = S_{target}$ の場合、 S_{cur} を変化させない。読込むブロックが優先ファイルのデータであれば保護プール、非優先ファイルのデータであれば通常プールからバッファを解放する。
- (3) $S_{cur} < S_{target}$ の場合、 S_{cur} を大きくするため、通常プールからバッファを解放する。

ただし、各プールサイズは、先読みブロックの最大数を下回らないようにする。また、優先処理のキャッシュヒット率が低下しすぎないように、 S_{target} の下限は入出力バッファサイズ $\times M$ (%) とする。

さらに、本稿の評価では、 S_{target} の急激な減少を抑制するために、 S_{target} の減少量は現在の保護プール内の未参照バッファ数 $\times \alpha$ (%) とする。

3 評価

3.1 内容

著者らの研究室の Web ページを Web アクセスの対象とし、バックアップ処理が同時実行される際の Web サーバの平均応答時間を評価した。Web ページを構成するファイルのうち、Web アクセスしたファイルの情報を表 1 に示し、これらのファイルの包含関係を図 1 に

Evaluation of Web Server Response Time in I/O Buffer Cache Mechanism Based on The Number of Unreferenced Buffer
Seiya Kawabe†, Toshihiro Yamauchi‡, Yoshinari Nomura‡,
Hideo Taniguchi‡

†Faculty of Engineering, Okayama University

‡Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

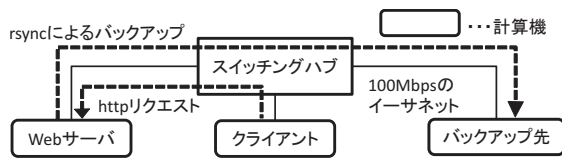


図2 評価環境

表2 評価に用いた計算機

	Web サーバ	クライアント	バックアップ先
CPU	Core i3-2100 (3.10 GHz)		
メモリ	3.2GB		
入出力バッファ	109MB	329MB	329MB
OS	FreeBSD 4.3-RELEASE		
VMIO	オフ	オン	オン
1 バッファのサイズ	8.0KB	16.0KB	16.0KB

示す。Web ページを構成するファイルの総数は約 26 万個、その合計サイズは約 19GB である。このうち、指定した優先ディレクトリは 14 個、優先ファイル数は 486 個、その合計サイズは約 315MB である。表 1 と図 1 から以下がわかる。

- (1) 優先処理は、優先ファイルにのみアクセスする。
- (2) 非優先処理は、優先ファイルにアクセスする場合と、非優先ファイルにアクセスする場合がある。

なお、Web サーバへのアクセス要求は、過去の研究室の Web ページへのアクセス要求を基に、100,000 回を抽出した。

優先処理は、研究グループ、研究室及び研究テーマのトップページと研究テーマの文献に関する Web コンテンツへの Web アクセスとした。また、非優先処理は、その他の Web アクセスとバックアップ処理とした。バックアップ処理は、Web ページを構成する全ファイルに対して行った。なお、Web サーバの定常状態を再現するために、一度抽出した 100,000 回の Web アクセスを測定前に行い、入出力バッファに Web コンテンツの一部がキャッシュされている状態にした。

3.2 環境

評価環境を図 2 に示す。また、図 2 の各計算機の性能を表 2 に示す。入出力バッファ制御の効果を比較するため、キャッシュミスが生じるように Web サーバの入出力バッファサイズを、100,000 回アクセスするファイルの総サイズより小さくした。

Web サーバとして Apache 2.0.55、クライアントプログラムとして ApacheBench 2.40-dev を用いた。また、バックアップ用プログラムとして rsync 2.4.6 を用いた。Apache 2.0.55 には、入出力バッファを介さずにファイルを転送する sendfile システムコールを利用する機能がある。本評価では入出力バッファ制御の評価を行うため、この機能を無効にした。

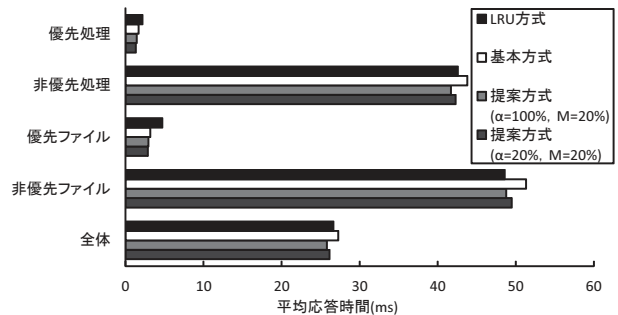


図3 Webサーバの平均応答時間

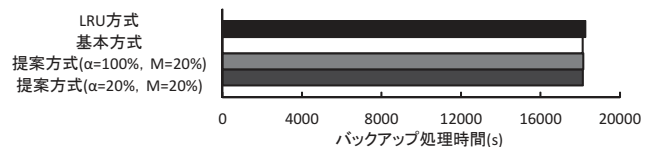


図4 バックアップ処理時間

3.3 結果と考察

Web サーバの平均応答時間を図 3 に示す。図 3 から以下がわかる。

- (1) 優先処理の平均応答時間について、提案方式 ($\alpha=20\%$) は、基本方式に比べ、約 0.37 ミリ秒 (約 21.6%) 短い。また、非優先処理の平均応答時間について、提案方式 ($\alpha=20\%$) は、基本方式に比べ、約 1.51 ミリ秒 (約 3.4%) 短い。これは、保護プールに参照頻度の高い優先ファイルのデータを保持できたため優先処理の実行時間を短縮し、また、保護プールの参照頻度の低いバッファを解放し、通常プールに割り当てることで非優先処理の実行時間の増加を抑制したためであると推察する。
- (2) 優先ファイルの平均応答時間について、提案方式 ($\alpha=20\%$) は、提案方式 ($\alpha=100\%$) に比べ、約 0.07 ミリ秒 (約 6.4%) 短い。これは、 α が小さいと保護プールサイズの減少が抑制され、優先ファイルのキャッシュヒット率を高く維持できたためであると推察する。

なお、バックアップ処理時間は、各方式に大きな差はない。これは、バックアップ処理は、入出力バッファ制御による影響が小さいためであると推察する。

4 おわりに

Web サーバを用いた評価により、提案方式は、基本方式の有効性を保持したまま、非優先処理の処理時間の増加を抑制することを示した。

参考文献

- [1] 田端 利宏, 小峠 みゆき, 乃村 能成, 谷口 秀夫: ファイルの格納ディレクトリを考慮したバッファキャッシュ制御法の実現と評価, 信学論 (D), Vol.J91-D, No.2, pp.439-450 (2008).
- [2] 山本 光一, 土谷 彰義, 山内 利宏, 谷口 秀夫: 未参照バッファ数に着目した入出力バッファ分割法, 情処研報, Vol.2014-OS-130, No.5, pp.1-8 (2014).