

## フラッシュメモリ搭載スマートフォンにおける I/O スケジューリング

中村 優太<sup>†</sup> 服部 拓也<sup>‡</sup> 永田 恭輔<sup>‡</sup> 野村 駿<sup>†</sup> 山口 実靖<sup>†</sup>  
工学院大学<sup>†</sup> 工学院大学大学院<sup>‡</sup>

### 1. はじめに

近年，スマートフォンやタブレット PC が普及し，それらの携帯端末で動作する組み込み機器のソフトウェアプラットフォームとして Android が注目されている．これらの端末の多くでは二次記憶装置としてフラッシュメモリが使用されており，HDD 搭載の端末とは I/O 処理時の挙動が大きく異なると予想される[1]．しかし，Android のスマートフォン環境下での I/O 性能評価とスケジューラの有効性の報告はまだ少ない．本稿ではフラッシュメモリ搭載スマートフォン環境下における Android OS の I/O 性能の評価とスケジューラの有効性についての検証を行う．

### 2. Android における I/O の基本性能の評価

Android における I/O の基本性能評価を行った．評価には Android 4.0.3, Nexus S (CPU cortexA8 (Hummingbird) Processor 1GHz, Memory 512MB) と Android 4.1.2, Nexus7 (NVIDIA® Tegra® 3 mobile processor 1.3GHz Memory 1GB) を用いた．シーケンシャルリード，ランダムリードの性能を図 1 に示す．測定は端末のフラッシュメモリ内に 1GB のファイルを作成し，それに 4KB の I/O 要求を 1000 回発生し所要時間をはかることにより行った．I/O スケジューラは CFQ を用い，シングルスレッドで行った．一般にフラッシュメモリデバイスはランダムアクセスを高速に処理できるとされているが，Android OS を搭載したスマートフォンではシーケンシャルアクセス性能がランダムアクセス性能を大幅に上回る結果となった．これは OS による先読み処理やブロックマージが効果的に機能したためと考えられる．

次に，フラッシュメモリ搭載の Android 端末における I/O スケジューリングの効果の有無を調査するために，ソート済みアドレスへの I/O

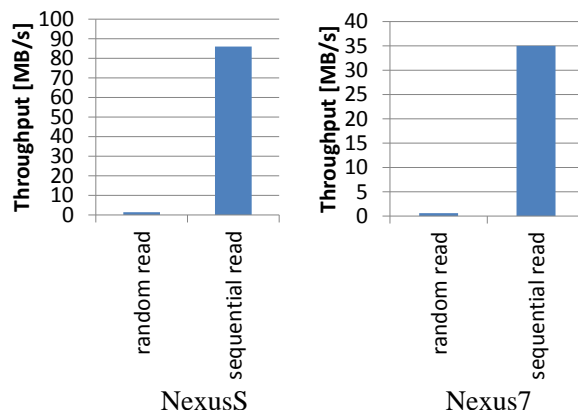


図 1 基本 I/O 性能測定結果

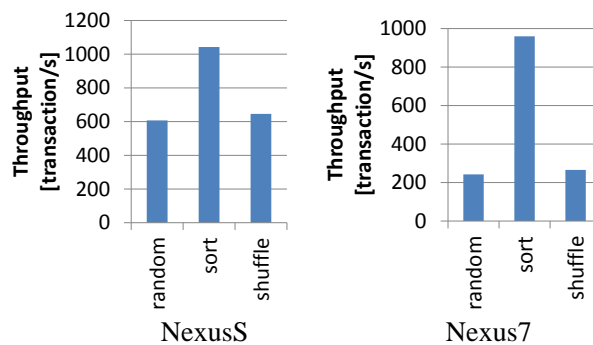


図 2 I/O スケジューリングの効果検証

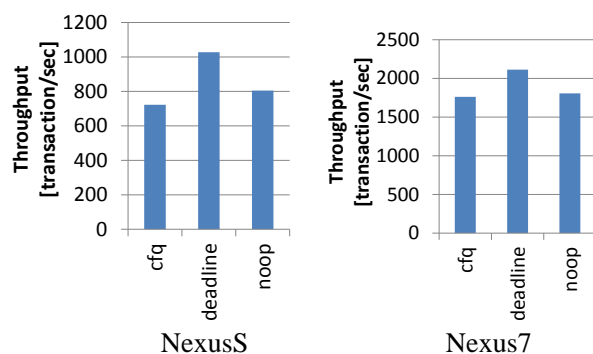


図 3 スケジューラの性能

要求と非ソートアドレスへの I/O 要求の性能の比較を行った．ソート有無の I/O の性能を図 2 に示す．性能は 1GB のファイルに対して 1 バイトの read 要求を 1000 回発行する実験を 100 回

A Performance Study on I/O Scheduling in Smartphones using Flash Memory Storage  
Yuta NAKAMURA<sup>†</sup>, Takuya HATTORI<sup>‡</sup>, Kyosuke NAGATA<sup>‡</sup>, Shun NOMURA<sup>†</sup>, Saneyasu YAMAGUCHI<sup>†</sup>  
<sup>†</sup>Kogakuin University  
<sup>‡</sup>, Kogakuin University Graduate School

繰り返し測定した. “sort” と “shuffle” では, 1GB のファイルを 1MB のブロック 1024 個に分割し, 各ブロックの先頭の 1 バイトに対して read 要求を行った. “sort” では先頭ブロックから後方ブロックに対してアドレスが昇順になるように読込を行い, “shuffle” ではランダム順に並び替えて読込を行った. 各読込アドレス間が最低でも 1MB 離れているため, OS の先読みは機能しない. “rand” ではブロック分割をせず 1GB ファイル内のすべてのバイトから対象を決定し読込を行った.

図 2 より, 同じアドレスへの I/O 要求群を異なる順で処理した “sort” と “shuffle” で性能が異なり, I/O スケジューリングにより I/O 性能が変化することが分かった.

最後に I/O スケジューラの性能評価を行う. 図 3 にマルチスレッド環境における I/O スケジューラごとの性能を示す. 性能は, ファイルの 128MB の範囲からランダム選んだ 1 バイトに対して読込を行う実験を行い測定した. スレッド数は 16 である. 図 3 より, フラッシュメモリ搭載 Android 端末においても I/O スケジューラによる性能の違いがあり, DEADLINE が CFQ, NOOP より高性能であることがわかる.

この結果を解析する為に MMC ドライバにて命令が発行された時刻と終了した時刻, 読み込み先アドレスを取得した. 図 4 に, 観測された I/O 要求のアドレス差(今回のアクセスアドレスと前回のアクセスアドレスの差)と, 処理時間の関係を示す. 図より, アドレスの差が正である(アドレス増加方向に移動する)場合はアドレスの差が負であった場合よりも処理時間が短いことがわかる. また, DEADLINE はアドレスの差が正方向となる場合が多いため性能が高いと考えられる.

### 3. まとめ

本論文では, フラッシュメモリ搭載 Android 端末における I/O 性能基本性能の評価を行い, フラッシュメモリ搭載 Android 端末においてシーケンシャルリード性能がランダムリード性能よりも極めて高い性能であることを示した. そして, I/O スケジューリングが効果を発揮することを示した. さらに, マイクロベンチマークによる I/O スケジューラの性能評価を行い, 初期設定の I/O スケジューラの CFQ よりも DEADLINE の方が性能が高いことを示した. そしてその結果の解析を行い, フラッシュメモリ搭載 Android 端末では I/O 要求のアドレス差が正方向である場合の方が負方向である場合よりも高性能であることを示した.

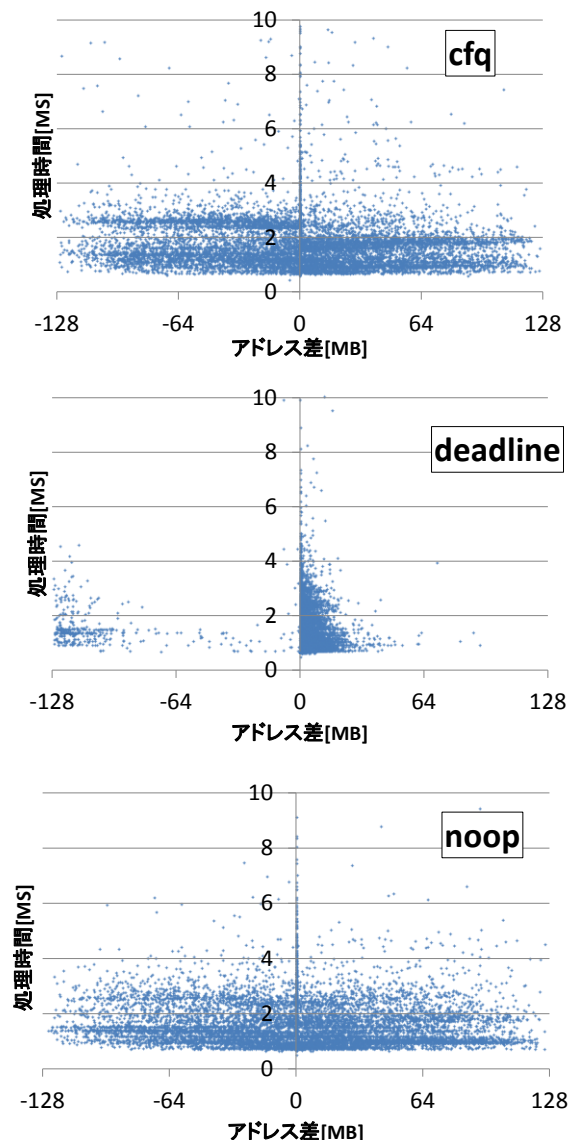


図 4 mmc ドライバの観測結果

今後はフラッシュメモリ搭載 Android 端末に適したスケジューリングシステムについて考察していく予定である.

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 22700039, 24300034 の助成を受けたものである.

### 参考文献

- [1] 服部 拓也, 山口 実靖 “Android 端末におけるデータベースアクセス性能の解析と考察”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル DICOM02012 シンポジウム, pp. 91-96 (2012)