

# 信頼性を 32 倍高めたビッグデータ向け フラッシュメモリ/ReRAM 統合ストレージシステム

学校法人 中央大学

## 概 要

ソーシャル・ネットワーキング・サービス(SNS)に代表される IT サービスの拡大により、ビッグデータを蓄えるデータセンターが広がっています。今回、ビッグデータを記憶するデータセンターに向けた、フラッシュメモリと抵抗変化型メモリ(ReRAM)を一元管理する統合ストレージシステムを開発しました。提案するストレージでは、高速に書き換えが可能な ReRAM を、データを一時的に記憶するメモリとして採用しました。あわせて、フラッシュメモリの不良現象の物理的特徴を利用することで、メモリに蓄える情報の不良を削減するデータの二重化手法など、4種類の高信頼技術を開発しました。その結果、従来技術よりも 32 倍ものエラーを許容することができ、信頼性の大幅な向上に成功しました。フラッシュメモリはハードディスクドライブ(HDD)に比べて桁違いに高速、低電力という特徴がありますが、高い信頼性が必要とされるデータセンターでは、メモリの信頼性の劣化が問題になっています。本技術により、メモリの信頼性が飛躍的に高まることで、データセンターへのフラッシュメモリの導入が加速され、リアルタイムに応答できる、高速なビッグデータのサービスが広がることが期待されます。

**【研究者】** 竹内 健 中央大学工学部 教授(電気電子情報通信工学科)

**【発表学会】** 本研究成果は、2013 年 2 月 17 日から 21 日(米国サンフランシスコ時間)に米国・サンフランシスコで開催された「国際固体素子回路会議(ISSCC 2013)」で発表されました。論文名: Unified Solid-State-Storage Architecture with NAND Flash Memory and ReRAM that Tolerates 32× Higher BER for Big-Data Applications

## 【研究内容】

科学技術振興機構(JST)の委託事業である「ディペンダブル ワイヤレス ソリッド・ステート・ドライブ(SSD)」において中央大学 工学部 教授 竹内 健のグループは従来より大幅に高信頼な統合ストレージシステムを開発しました。

現状のデータセンターでは複数のサーバーの間・複数の SSD の間・各 SSD 内といった、各層で独立した高信頼技術が用いられています。これでは高信頼技術が重複してしまうため非効率であるのに加え、メモリの位置や蓄えるデータの内容によってエラーの確率が異なるといった、フラッシュメモリの不良の特徴が考慮されていないため、データの信頼性が十分ではない問題がありました。今回、高い信頼性を確保するため、フラッシュメモリと ReRAM を一元管理する統合ストレージシステムを提案しました(図1)。

まず、フラッシュメモリでは、データが書き込まれる場所によってエラー率に大きな偏りがあることに着目しました。そして、データの信頼性を確保するためにデータを二重化する際に、少なくとも一方のデータは信頼性の高いメモリ領域に書き込まれるように制御するリバース・ミラーリングを提案しました(図2)。提案した高信頼性技術を実現するためには、書き換え回数が大きく、上書きが可能で、高速

なメモリが必要とされ、本研究では、ReRAMを採用しました。このリバース・ミラーイングにより、メモリの不良率を69%削減することに成功しました(図3)。

また、データを冗長化して信頼性を向上するページ RAID を開発し、許容できるエラー数を45%増やすことに成功しました(図4、5)。そのほか、フラッシュメモリのエラーの特徴から正しいデータを復元する技術、データを読み出した際のエラーを記録しておき、次に読み出す際に訂正する技術も合わせて提案しました。

提案する統合ストレージでは、フラッシュメモリは書き換えがミリ秒と遅く、書き換え回数が数千回に制約されるのに対し、ReRAM はマイクロ秒と高速に書き換えが可能で、書き換え回数も百万回以上であるという特徴を有効に使うことで、以上の高信頼技術を実現しています。

提案の4つの高信頼技術を組み合わせることで、統合ストレージシステムでは、従来技術に比べて、32倍ものエラーを許容することができます(図6)。フラッシュメモリはハードディスクドライブ(HDD)に比べて桁違いに高速、低電力という特徴がありますが、高い信頼性が必要とされるデータセンターでは、メモリの信頼性の劣化が問題になっています。開発した統合ストレージシステムにより、メモリの信頼性が飛躍的に高まることで、ビッグデータを記憶するデータセンターへのフラッシュメモリの導入が加速され、リアルタイムに応答できる、高速なビッグデータのサービスが広がることが期待されます。

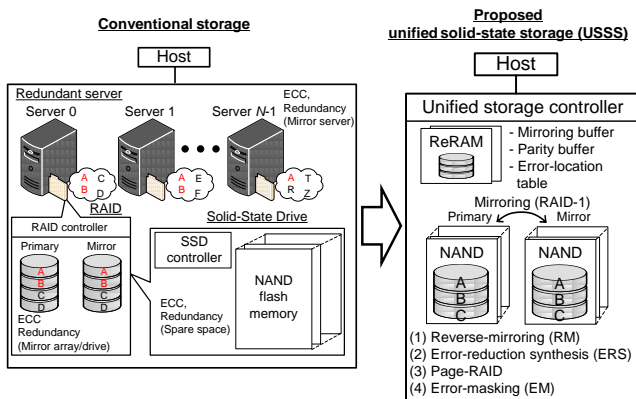


図 1

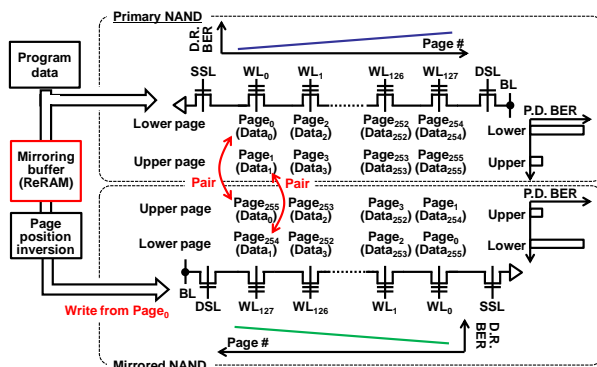


図 2

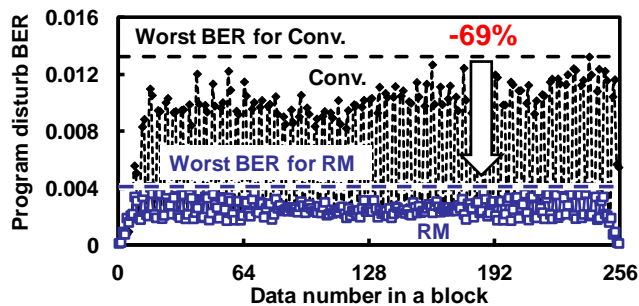


図 3

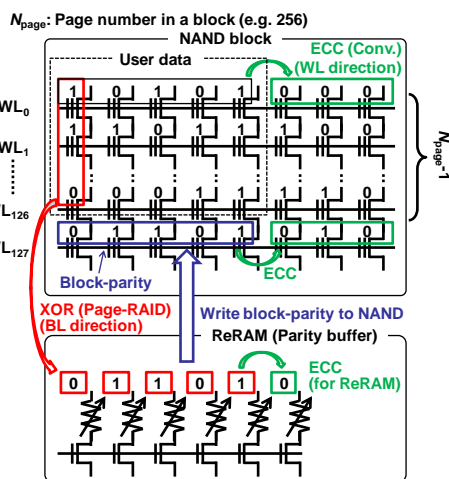


図 4

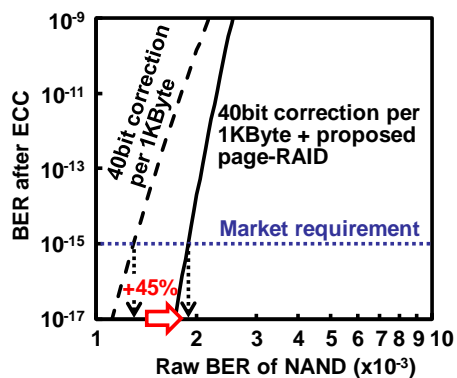


図 5

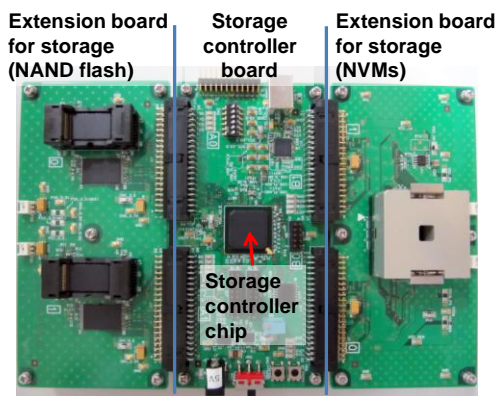


図 6

- 図1. 従来および、提案するストレージの構成。提案するストレージでは、メモリを一元管理することで効率を高め、4つの高信頼技術により、信頼性を32倍高めました。
- 図2. 提案するリバース・ミラーイング。フラッシュメモリの物理的な特徴を考慮してデータを二重化することで信頼性の向上を実現しました。ReRAMを不揮発のバッファとして有効に使用しています。
- 図3. リバース・ミラーイングによる69%の信頼性の向上。
- 図4. 提案するページ RAID。データを冗長化し、高速で高信頼の ReRAM を用いることで、性能を落とすことなく高信頼化を実現しました。
- 図5. ページ RAID による45%の信頼性の向上。
- 図6. 開発した統合ストレージシステムの写真。

## 【お問い合わせ先】

<研究に関すること>

竹内 健 (タケウチ ケン)

中央大学理工学部 教授 (電気電子情報通信工学科)

TEL : 03-3817-7374

E-mail: takeuchi@takeuchi-lab.org

<広報に関すること>

加藤 裕幹 (カトウ ユウキ)

中央大学 研究支援室

TEL 03-3817-1603, FAX 03-3817-1677

E-mail: k-shien@tamajs.chuo-u.ac.jp

## 【用語解説】

注1)フラッシュメモリ

データの一括消去を特徴とする、電氣的にデータの読み書きが可能で、電源を切ってもデータが消えない半導体記憶装置。

注2)抵抗変化型メモリ(ReRAM)

電圧を加えることで抵抗値が変化する材料を素子として用いた次世代の半導体メモリ。

ReRAM は電源を落としてもデータを保持できる不揮発性の新しいメモリで、データの読み書きが高速で消費電力も少ないのが特長です。