

IoT のリアルタイムデータ処理に向けた、 高速フラッシュストレージ ～アプリケーションや書き換え回数に応じた動的な誤り訂正回路の 最適化により、最大 3 倍のデータ処理スピードの高速化に成功～

学校法人 中央大学

概 要

中央大学 理工学部 教授 竹内 健のグループは、IoT のリアルタイムデータ処理に向けた、高速フラッシュストレージ技術を開発しました。アプリケーションに応じて動的に誤り訂正回路を最適化することで、フラッシュストレージの弱点であった、データの長期間保持能力と高速データ処理性能のトレードオフを解決し、記憶したデータを失わずに長期間保持できる高い信頼性と、最大で 3 倍のデータ処理スピードを達成しました。本グループは、本成果を今後さらに発展させることで、データ・セントリック時代のコンピュータ、ストレージを世界に先駆けて開発し、今後発展が期待される IoT の様々なサービスに貢献していきます。

本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託事業であるエネルギー・環境新技術先導プログラム「IoT 時代の CPS に必要な極低消費電力データセントリック・コンピューティング技術」において実施されたものです。

本研究成果は、2016年5月15日から18日にフランスで開催される「IEEE International Memory Workshop」で発表されました。

【研究者】

竹内 健 中央大学理工学部 教授(電気電子情報通信工学科)

【発表(雑誌・学会)】

本研究成果は、2016年5月15日から18日にフランスで開催される「IEEE International Memory Workshop」で発表されました。

論文名: Application Optimized Adaptive ECC with Advanced LDPCs to Resolve Trade-off among Reliability, Performance, and Cost of Solid-State Drives

【研究内容】

1. 背景

モノのインターネット (Internet of Things: IoT)^{注1}では数兆個ものセンサ(トリリオンセンサー)により、多種多様なデータが収集され、データセンタで処理されるようになります。こうして集められたデータをクラウドデータセンタで瞬時に処理し、処理した結果を即座に機器を制御するアクチュエータ等にフィードバックすることで、セキュリティ、製造、医療、災害予測、自動運転、電力網、交通網など実世界の処理を低電力かつ高速、高効率に行えるようになります。

IoT の応用としては、安全・安心分野、製造業・インダストリ 4.0、インターネットサービス、最適医療・予防医療サービス、ピンポイント気象・災害予報、交通サービスなどが考えられます。このようなリアルタイム性の高い IoT のサービスを実現する上では、データを蓄えるストレージ(記憶装置)の高速処理化が必須になっています。

こうした高速化の要求を受け、ストレージの記憶媒体は従来の HDD から高速なフラッシュメモリ^{注2}を使ったソリッド・ステート・ドライブ(SSD)^{注3}に移行してきています。ところが、フラッシュメモリは書き換えを繰り返すにつれて、メモリセルの信頼性が劣化し、メモリの不良率が高まるという問題がありました。メモリのエラーは誤り訂正回路(ECC)によって訂正されるので救済が可能ですが、多数の不良を救済できる強力な ECC を採用すると、逆に ECC を処理(デコード)するための時間が長くなり、最終的にはストレージの性能(処理速度)が劣化してしまう、という問題がありました。

2. 研究内容と成果

今回の研究では、アプリケーションや書き換え回数に応じて動的に ECC を最適化することで、フラッシュストレージの弱点であった、データの長期間保持能力と高速データ処理性能のトレードオフを解決しました。提案するストレージ・SSD ではアプリケーションや書き換え回数に応じて動的に ECC を最適化する AOA-ECC (Application Optimized Adaptive ECC) を SSD コントローラーに搭載しています(図1、2)。

この AOA-ECC に ECC デコードを短時間で行う Quick-LDPC を採用することで、ストレージへの読み出しが頻繁に行われるが書き換え回数は比較的少ないアプリケーションでは、データ処理スピードを2~3倍高速化することに成功しました(図3、4)。また、書き込みが頻繁に行われるアプリケーションでは、ECC の処理時間がシステム性能へ与える影響は小さいが、書き換えによってメモリの不良が多数発生することから、強力な誤り訂正能力を有する EP-LDPC w/o Upper/Lower cells を採用しました。その結果、従来の強力な ECC (Soft Decoding LDPC) を採用した SSD と同等の記憶したデータを失わずに長期間保持できる高い信頼性と、従来システムの 1.5 倍も高速にデータを処理できる性能を両立しました。

3. 今後の展開

IoT の時代には、ビッグデータを処理するコンピュータも従来の CPU を中心としたプロセッシング・セントリック型から、メモリやストレージを中心としたデータ・セントリック型へ移行します。米国企業を中心に開発が進んだ CPU に対し、日本で発明された半導体メモリはフラッシュメモリの開発も世界を牽引している。本研究グループでは、今般の研究成果を今後さらに発展させることで、デー

タ・セントリック時代のコンピュータを世界に先駆けて開発し、今後発展が期待される IoT の様々なサービスに貢献していきます。

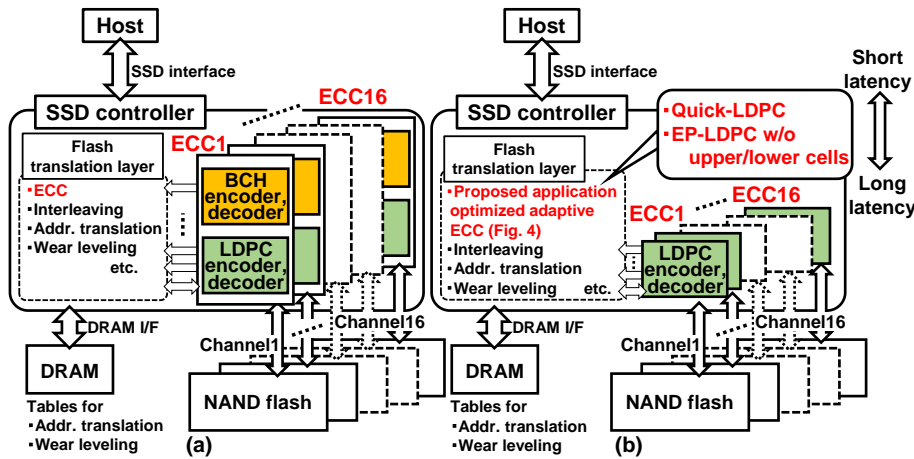


図1. 従来のストレージ(a)と提案するストレージ(b)

提案するストレージには、アプリケーションや書き換え回数に応じて、動的に誤り訂正回路(ECC)を最適化する AOA-ECC(Application Optimized Adaptive ECC)をコントローラーに搭載している。

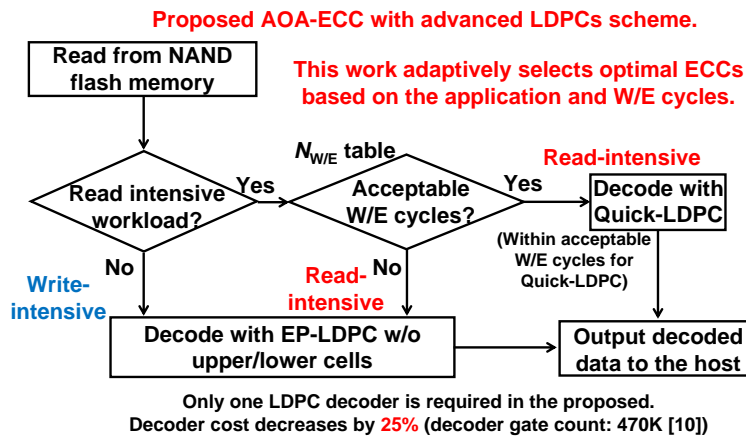


図2. アプリケーションや書き換え回数に応じて動的に ECC を変化させる、AOA-ECC のアルゴリズム

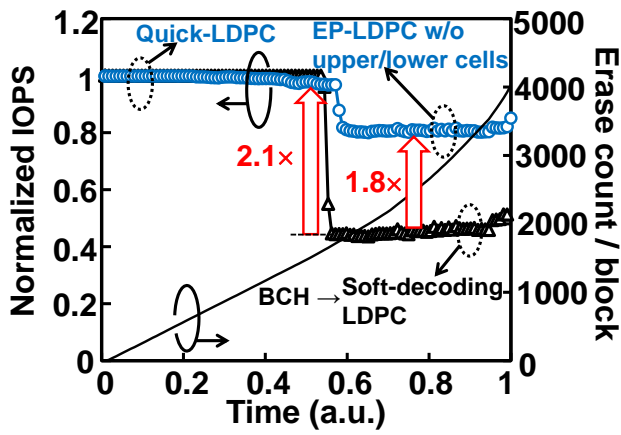


図3. 提案技術(青線)と従来技術(黒線)の性能比較の例

提案するストレージでは、書き換え回数(Erase count)が増加するにつれてECC(誤り訂正回路)が動的に変化し、高性能と高信頼性を両立させる。

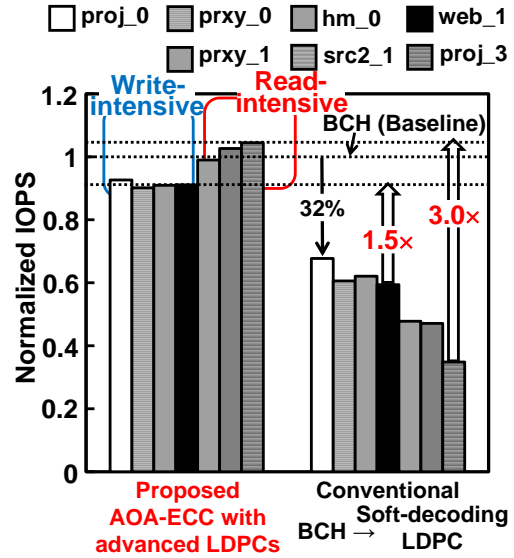


図4. 様々なアプリケーションでの提案技術(左)と従来技術(右)の性能比較

1.5~3 倍程度の性能向上が得られた。特に読み出しが頻繁に行われる用途で本技術は有効。

【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)IoT

Internet of Things、モノのインターネット。社会の至る所にセンサーが張り巡らされ、人間だけでなく、機器同士、機器と人間の間でインターネットを通じて様々なデータが相互にやり取りされること。

注2)フラッシュメモリ

データの一括消去を特徴とする半導体記憶装置。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。

注3)ソリッド・ステート・ドライブ(SSD)

記憶媒体としてフラッシュメモリを用いるドライブ装置で、ハードディスクの代替としてスマートフォン、パソコンやデータセンタのストレージなどとして広く利用されている。機械的に駆動する部品がないため、高速の読み書きが可能で、消費電力も少なく衝撃にも強い。このため、頻繁にアクセスされるプログラムやデータを保存する用途で、現在幅広く使われている。