C-043

ミッドレンジストレージ向け対称型 Active-Active コントローラの研究
Research of Symmetric Active-Active Controller for Midrange Storage

荒木 亮彦† Akihiko Araki　野中 裕介† Yusuke Nonaka　小川 純司† Junji Ogawa　石川 篤‡ Atsushi Ishikawa

1. はじめに

企業内データの電子化に伴い、データの重要性が増すと共にデータ容量が爆発的に増加している。膨大なデータを安全に保管する装置としては、RAID 技術を利用した外付けストレージ装置が普及している。中でも装置あたり数 TB から数十 TB の容量帯を主ターゲットとするミッドレンジストレージは、大規模トランザクションシステムのバックアップや、中小規模のデータベースシステム、電子メールデータの保管など幅広く用いられており、大企業から中小規模の企業に至るまで幅広い企業のニーズに応えるプラットフォームである。

ミッドレンジストレージは、高性能であることと、可用性を高めるために、冗長化された 2 台のコントローラ(CTL)を備え、両方の CTL が論理ボリューム(LU)へアクセスできる装置が主流となっている。さらにミッドレンジストレージの普及に伴い、ミッドレンジストレージの管理者は、ストレージ管理専門の知識を有する者だけではなくなりつつある。このためミッドレンジストレージには、導入･運用･保守面での使い勝手の良さも要求されている。

2. 本研究の課題と目的

2.1 課題

一般的なミッドレンジストレージは、LU 毎に CTL が対応付けられており、対応付いた CTL のみが LU へ直接アクセス可能である。本稿では LU と対応付いている CTL を担当 CTL と呼び、対応付いていない CTL を非担当 CTL と呼ぶ。

ミッドレンジストレージにおけるホストから LU への I/O 発行パターンを､I/O を受領する CTL の種類で分類すると、①担当 CTL のインタフェース(I/F)へ I/O が発行されるパターン、②非担当 CTL の I/F へ I/O が発行されるパターン、の 2 種類が考えられる。以後、①のパターンを「ストレート動作」、②のパターンを「クロス動作」と定義する。図 1 にストレート動作、クロス動作の概略を示す。クロス動作時には、I/O を受領した非担当 CTL が I/O コマンドを担当 CTL に送り、担当 CTL は担当する LU への I/O 処理結果を非担当 CTL に送り返す､といった CTL 間転送が必要である。

ところが、従来はこの CTL 間転送に大きな処理オーバヘッドが存在していたため、クロス動作時の LU アクセスはストレート動作に比べ低い性能であった。つまり、両 CTL から LU へのアクセスに性能差という非対称性が存在していた。この非対称性により管理者はクロス動作を避けるように、たくさんの LU を 2 台の CTL に分配すること考慮しなければならず、装置導入時の構成設計や運用中の構成変更が煩雑であるといった課題があった。

2.2 目的

そこでクロス動作の性能低下を抑えることで前記課題を解決する、対称型 Active-Active コントローラ(Active-Active CTL)を開発した[1]。Active-Active CTL は導入・運用時の管理者の負担を軽減するため、(1)対称型 Active-Active 動作機能、(2)動的負荷分散機能、の 2 機能を有している。対称型 Active-Active 動作機能とは、2 台の CTL が LU に性能差無しでアクセスできる機能である。動的負荷分散機能とは、CTL の負荷に偏りが発生した際に、負荷を均衡させるように LU の担当 CTL を切り替え、負荷の偏りを自動的に解消する機能である。両機能によって、装置導入時・運用時における、CTL と LU の対応関係を意識した設計が不要化できるというユーザメリットが考えられる。

本研究の目的は、Active-Active CTL によるユーザメリット実現するため、対称型 Active-Active 動作機能の LU アクセス性能の対称性を検証することである。

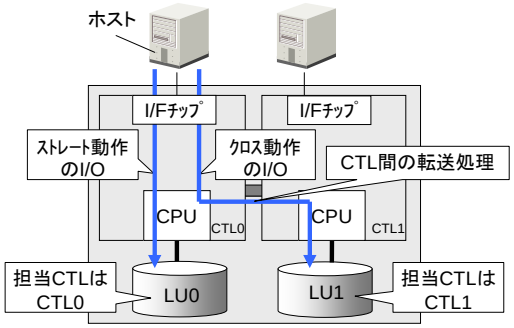

図 1　ミッドレンジストレージの動作例

3. 対称型 Active-Active 動作機能概要

対称型 Active-Active 動作機能を、Active-Active CTL における I/O 処理フローについて説明する。図 2 に、リード処理における、従来方式のクロス動作と Active-Active CTL のクロス動作の I/O 処理フロー例を示す。

従来は、1 回の I/O 処理につき、ホストからの I/O コマンド転送（図 2-②）、LU からのリード完了通知転送（図 2-④'）、ホストへのデータ転送完了通知転送（図 2-⑦'）、の計 3 回の CTL 間のコマンド転送が必要であった。しかし Active-Active CTL における CTL 間のコマンド転送は、ホストからの I/O コマンド転送（図 2-②）だけで済む。これは CTL 内の CPU に､他 CTL の I/F チップなどの資源と直接通信できる機能を付加したことにより実現している。更には CTL 間の通信バスを広帯域化し、CTL 間のコマンド転送時間を短縮している。以上の施策により、クロス動作に必要な処理オーバヘッドを削減した。

†(株)日立製作所　システム開発研究所
Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.
‡(株)日立製作所　RAIDシステム事業部
Disk Array Systems Division, Hitachi, Ltd.

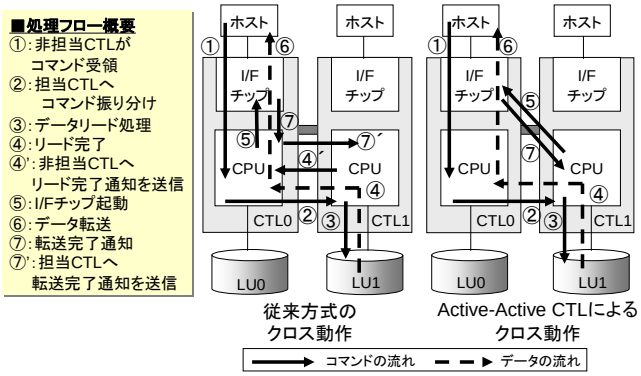

図 2　I/O 処理フロー例(Read 時)

4.　検証と考察

対称型 Active-Active 動作機能の LU アクセス性能の対称性の検証に関して、検証方法、検証結果、考察、の順に述べる。

4.1　検証方法

本検証では、ベンチマークソフトを利用し、装置の限界処理性能であるスループットを測定する。測定条件は表 1 に示すとおりであり、ストレージ装置は実利用で多く用いられる、数 TB から数十 TB 分の HDD を搭載した構成[2]を想定した。検証は、以下の 2 種類を実施した。

(1)従来方式からの性能低下抑制効果の検証

従来方式に比べ、Active-Active CTL によって性能低下率が抑制されたことを検証する。従来方式と Active-Active CTL の両方式において、最も高い性能が発揮されるストレート動作の性能を基準とし、Active-Active CTL の実利用環境として想定される、ストレート動作とクロス動作の両者を半分ずつ組み合わせた、「混在動作」の性能を測定し、ストレート動作からの性能低下率を検証する。

(2)実利用構成における性能低下率の検証

Active-Active CTL の実利用構成を想定し、HDD 数を 20 個から 120 個まで変化させた場合の性能を測定し、実利用構成における性能低下率を検証する。

4.2　検証結果と考察

(1)従来方式からの性能低下抑制効果の検証

表 2 に検証結果を示す。従来方式ではストレート動作に比べて Random Read で 45%、Random Write で 24%の性能低下が見られるが、Active-Active CTL では、性能低下は最大でも 3%であり、ストレート構成と同等の性能を発揮できていることを確認した。これはクロス動作時の CTL 間コマンド転送オーバヘッドの削減により、クロス動作時のオーバヘッドを隠蔽できているためと推測できる。

(2)実利用構成における性能低下率の検証

図 3 に検証結果を示す。HDD 数を変化させても、混在動作時の性能低下はほとんど見えておらず、実利用構成においては性能差が無く対称的であると言える。

以上の結果から、対称型 Active-Active 動作機能における、2 台の CTL からの LU アクセス性能は、実利用を想定した構成において性能差が無く対称的であるといえる。以上より対称型 Active-Active 動作機能の LU アクセス性能の対称性による、ストレージ導入時の構成設計や性能設計や運用中の構成変更の簡易化といったユーザメリットの実現が可能である見通しを得た。

表 1：測定条件

大項目	小項目	条件
ｽﾄﾚｰｼﾞ	HDD 数	120 個（146GB, 15Kmin^{-1}）
	LU 数	24 個（RAID5：4D1P） 2 台の CTL に均等割当
	Port	8port（4port/CTL）Fibre Channel（4Gbps）
ﾎｽﾄ	ﾌﾟﾛｾｯｻ	AMD Opteron™　3.0GHz 8 コア
	ﾒﾓﾘ	16GB RAM
	ﾍﾞﾝﾁﾏｰｸ ｿﾌﾄ	IOmeter 2006.07.27 (tag 数 128 にて測定)
	HBA	8 枚（2Gbps,1port）
接続形態	ｽﾄﾚｰｼﾞとﾎｽﾄの port 同士を直結し、port 毎の LU 数と、測定に利用する port 数を徐々に変化させた。	

表 2：検証結果

測定項目 (HDD 数：120 個、 I/O 長：512Byte)	混在動作性能 (ｽﾄﾚｰﾄ動作を 1 とした場合の相対値)	
	従来方式	Active-Active CTL
Random Read[IOPS]	0.55	0.98
Random Write[IOPS]	0.76	0.97

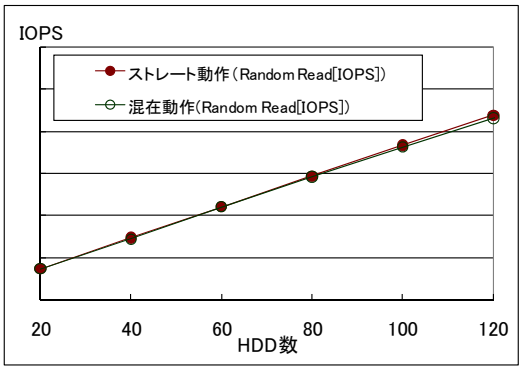

図 3：HDD 数の変化による性能特性

5.　まとめ

本研究では、ミッドレンジストレージ向けの Active-Active CTL によるユーザメリットの実現を目的とした、対称型 Active-Active 動作機能の LU アクセス性能の対称性を検証した。ストレージの一般的な性能指標に用いられるスループットを、実利用を想定した構成において測定したところ、混在動作時の性能低下率は最大でも 3%と、LU アクセス性能は対称的であり、性能の非対称性を考慮することなく運用できるユーザメリットを実現できる見通しを得た。

今後は、オンライントランザクション処理など実利用に近いアクセス項目での性能検証を予定している。

参考文献

[1]　Hitachi Data Systems,：”Symmetric Active/Active Controller Optimizing Dynamic Workloads”,（2008.10）

[2]　Enterprise Strategy Group：”Medium-Size Business Server & Storage Priorities”,（2008.6）