

「情報社会を支える新しい高性能情報処理技術」  
平成15年度採択研究代表者

横田 治夫

(東京工業大学 学術国際情報センター 教授)

## 「ディペンダブルで高性能な先進ストレージシステム」

### 1. 研究実施の概要

高度情報化社会に適したディペンダブルで高性能な先進ストレージシステムを構築するための基本的な技術の確立を目指す。まず、並列分散ストレージシステムを対象に、その管理コストの削減を大きな目的とする。そのために、アクセス負荷と容量バランスの両立、通常処理とデータ管理処理のプライオリティ管理、コンテンツの特徴を生かしたストレージ管理といった機能に着目する。さらに、ストレージシステムの新たな位置づけを目指して、ストレージシステムをより賢くする方法を考える。

これまでに、小規模システムによるハイビジョン放送蓄積配信時の故障対応、システム規模変更、アクセス負荷バランス等のデモンストレーションを行ってきた。さらに、システムのスケラビリティを示すため、160台規模のシミュレータを実験環境として用意し、その上で同時実行制御を効率よく行う方法を実証するとともに、実際のシステムがフィージブルなサイズや電力で実現できることを示すために、高密度構成版と管理容易版の2種類のプロトタイプを開発を行った。また、チーム内の研究の進捗状況の確認とそれに対する海外のトップレベルの専門家からのコメントの収集、さらに関連先進研究施設の見学を目的に、米国でワークショップを開催し、米国のトップレベルのストレージ研究の内容を確認するとともに、研究者との交流による今後の関係を築くことができた。

今後も、これまでの研究を引き続き行い、シミュレーションシステムやプロトタイプシステムを用いた研究成果を出すとともに、広く関係研究者との交流も図って生きたいと考えている。

### 2. 研究実施内容

#### [研究目的]

高度情報化社会に適したディペンダブルで高性能な先進ストレージシステムを構築するための基本的な技術の確立を目指し、並列分散ストレージシステムを対象に、その管理コストの削減を大きな目的とする。さらに、ストレージシステムの新たな位置づけを目指して、ストレージシステムをより賢くする方法を考える。

## [研究方法]

高性能で高信頼な先進ストレージシステムを実現するために、各ストレージドライブに処理能力を持たせストレージクラスタを構成し、ストレージクラスタ内で自律的にデータ移動を行うことで、障害回復を行うと同時にアクセス負荷やデータ容量のバランスを取る自律ディスクの研究を行っている。

今年度は、自律ディスクの機能とその拡張性の確認のために、160台ノードからなる「自律ディスクシミュレータ」を構築し、実験環境の整備を行った。これと平行して、自律ディスクがサイズ、電力的にフィジブルに実現可能であることを示すための実装イメージとして、2タイプの「自律ディスクプロトタイプ」の開発も行った。1タイプはエンタープライズあるいは大容量データを使うアプリケーション向けの高密度構成版プロトタイプシステムで、1ラックで最大128TBの記憶容量が可能となる。例えば、大容量動画のコンテンツのアーカイブ等を想定している。もう1タイプは、ストレージクラスタ結合を簡易に行うことができる管理容易版プロトタイプシステムで、コンシューマ利用を想定している。



自律ディスクシミュレータ



高密度構成版プロトタイプ



管理容易版プロトタイプ

さらに、今年度は、研究進捗状況の確認とトップレベルの専門家からのコメントの収集を目的として、12月に米国カリフォルニア州サンフランシスコ近郊のプリズペインにある日立アメリカにおいて、Advanced Storage System (ADSS) というワークショップを開催した。CMU のProf. Greg Ganger、HP Lab. のDr. Mustafa Uysal、IBM Almaden Research Center のDr. Winfried Wilcke、東大生産技術研究所の喜連川優教授による招待講演と12件の関連する研究発表、およびIBM Almaden Research CenterとHGST Lab. の見学を行い、大成功を収めた。



ワークショップの様子

この他、先進ストレージシステムに関連する研究として、ストレージシステムに格納するコンテンツに対する処理の研究、コンテンツに付加するメタデータとその記述のための大量XMLの格納に関する研究、ユビキタス環境での先進ストレージ利用に関する研究、広域分散環境におけるネットワークとコンテンツ配置に関する研究、ストレージ向け誤り訂正符号に関する研究、ストレージにコンテンツを格納する場合のワークフローに関する研究、等を行った。

#### [研究の成果]

論文発表、特許出願の項で示すように、多数の論文発表、学会発表を行うと同時に、特許出願6件と、本研究に関して多数の研究成果を外部に発表した。具体的には、例えば、構築した自律ディスクシミュレータを使い、アクセス負荷と容量バランスの両立、通常処理とデータ管理処理のプライオリティ管理の実験を行い、効果を確認し、その結果を外部に発表した。あるいは、ストレージシステムの可用性を高めるために、ストレージ管理ソフトウェアを無停止で効率よく更新する手法の提案を行い、これに関しても外部発表を行った。さらに、ストレージシステムに格納する教育・研究コンテンツ（研究論文や講義資料）の検索手法に関しても提案を行い、その効果を確認して、外部発表を行った。ストレージにコンテンツを格納する場合のワークフローに関しても、高信頼化する手法を提案し、国際会議等で発表を行った。

また、研究経過の項で述べたADSSワークショップを成功させ、世界のトップレベルのストレージ研究の調査が行えたことと同時に、ストレージ研究の研究者との交流を通して今後の関係の樹立できた。

#### [今後の見通し]

来年度以降も継続的に研究を行っていく予定である。「自律ディスクシミュレータ」や「自律ディスクプロトタイプ」を用いた実験をさらに進め、効率的な先進ストレージシステムを実現するための手法を提案していくつもりである。また、関連する研究内容に関しても積極的に研究を推進する。さらに、国際ワークショップに関しても、引き続きストレージ研究者との交流を広めるため、今後も開催する方向で検討を進めたいと考えている。

### 3. 研究実施体制

#### 先進ストレージ研究統轄・推進グループ

- ① 研究分担グループ長：横田 治夫（東京工業大学 学術国際情報センター、教授）
- ② 研究項目：高度情報化社会に適した高性能で高信頼な先進ストレージシステムを実現するために、
  - ・ アクセス負荷と容量バランスの両立、
  - ・ 通常処理とデータ管理処理のプライオリティ管理、
  - ・ コンテンツの特徴を生かしたストレージ管理といった機能に関してチーム内で中心的に研究を推進する。

#### 高度メディア蓄積・管理手法研究グループ

- ① 研究分担グループ長：植村 俊亮（奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科、教授）
- ② 研究項目：映像メディア、センサデータなどに代表される高度メディアをユビキタスデータベースと連携させながら先進ストレージシステムに蓄積・管理するための基本的手法の検討を行い、それを先進ストレージシミュレータ上で検証するために必要な設備の整備を行う。

#### コンテンツ対応メタデータ研究グループ

- ① 研究分担グループ長：上原年博（NHK放送技術研究所、主任研究員）
- ② 研究項目：先進ストレージシステムに向けたコンテンツ対応のメタデータに関する研究
  - ・ 先進ストレージシステムに蓄積するコンテンツおよびコンテンツの蓄積条件にあわせて先進ストレージシステム内へ最適配置するためのメタデータを開発する。
  - ・ 先進ストレージシステムを含むコンピュータ、ネットワークシステム系での扱いを容易にするためコンテンツとメタデータを統合してファイルフォーマット化する。

#### システムアーキテクチャ研究グループ

- ① 研究分担グループ長：太田 光彦（富士通株式会社ストレージシステム事業本部、部長付）
- ② 研究項目：高度情報化社会に適合する高性能で高信頼な先進ストレージシステムの機能を検討するための開発プラットフォームとして自律ディスクのプロトタイプシステムアーキテクチャを検討し、プロトタイプシステムに要求されるデバイス要件、性能の検討を行い、自律ディスクのプロトタイプの開発を行う。

#### メディアストリーミング基盤研究グループ

- ① 研究分担グループ長：藺田 浩二（日立製作所 システム開発研究所、主任研究員）
- ② 研究項目：先進ストレージシステムのメディアストリーミング応用等における負荷均衡化/QoS保証技術、および、耐故障処理時の性能劣化防止技術等に関して基本検討を行う。

#### 4. 主な研究成果の発表（論文発表および特許出願）

##### (1) 論文発表

- 花井 知広, 渡邊 明嗣, 小林 大, 山口 宗慶, 田口 亮, 林 直人, 上原年博, 横田 治夫, 「自律ディスククラスタの階層化構成におけるリクエスト転送先推測による性能改善」 DBSJ Letters, Vol. 3, No. 1, pp.25-28, 2004.
- 小林 一仁, 横田 治夫, 「挿入を考慮したXMLラベリング手法の比較」, DBSJ Letters, Vol.3, No. 1, pp.85-88, 2004.
- Neila Benlakhhal, Takashi Kobayashi, and Haruo YOKOTA, "A Simulation System of THROWS Architecture with WS-SAGAS Transaction Model", DBSJ Letters, Vol.3, No. 1, pp.89-92, 2004.
- 吉田 誠, 小林 隆志, 横田 治夫, 「公開されている論文DBからのマクロ情報抽出に対するリサーチマイニング手法と他手法の比較」, 情報処理学会論文誌データベース, Vol. 45, No.SIG 7(TOD 22), pp.24-32, 2004.
- 戸田誠二, 石田学, 横田治夫, 「連続メディアデータに対するディスクリトライ手法の評価」, 電子情報通信学会論文誌(D-I), Vol. J87-D-I, No.7, pp.769-781, 2004.
- 小林大, 渡辺明嗣, 山口宗慶, 田口 亮, 上原年博, 横田治夫, 「複製データを併用した効率的なデータマイグレーションの検討」, DBSJ Letters, Vol.3, No. 2, pp.65-68, 2004.
- 吉田 誠, 小林 隆志, 横田 治夫, 「論文DBからのマクロ情報抽出のためのクラスタリング閾値設定指針」, DBSJ Letters, Vol.3, No. 2, pp.73-76, 2004.
- 小林大, 渡邊明嗣, 上原年博, 横田治夫, 「アベイラビリティの高い分散ストレージ管理ソフトウェアの更新手法」, 電子情報通信学会論文誌(D-I), Vol. J88-D-I, No. 3, pp.684-697, 2005.3
- 小林隆志, 村木太一, 直井聡, 横田治夫, 「統合プレゼンテーションコンテンツ蓄積検索システムの試作」, 電子情報通信学会論文誌(D-I), Vol. J88-D-I, No.3, pp.715-726, 2005.3
- 羅勇, 天笠俊之, 波多野賢治, 宮崎純, 植村俊亮: ``移動端末のためのトポロジ変化に強いクラスタリング手法'', 第3回情報科学技術フォーラム(FIT2004)一般講演論文集, 第4分冊, M-074, pp.249-250, 2004

- Eiji Fujiwara, Kazuteru Namba, and Masato Kitakami, "Parallel Decoding for Burst Error Control Codes," Electronics and Communications in Japan, Wiley Pub., Vol.87, No.1, pp.38-48, January 2004.
- Haruhiko Kaneko and Eiji Fujiwara, "A Class of M-Ary Asymmetric Symbol Error Correcting Codes for Data Entry Devices," IEEE Trans. Computers, Vol.53, No.2, pp.159-167, February 2004.
- Kenta YASUKAWA、 Ken-ichi BABA、 Katsunori YAMAOKA、 "Dynamic Class Assignment for Stream Flows Considering Characteristics of Non-stream Flow Classes"、 IEICE Transactions on Communications、 Vol.E87-B、 No.11、 2004.05.17
- Kentaro OGAWA、 Aki KOBAYASHI、 Katsunori YAMAOKA、 Yoshinori SAKAI、 "A Distributed QoS Control Based on Fairness of Quality for Video Streaming"、 IEICE Transaction/ Communications Vol.E87B No.12、 pp.3766-3773、 2004.12

(2) 特許出願

H16年度特許出願件数：6件（CREST研究期間累積件数：8件）