

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： ディペンダブルで高性能な先進ストレージシステム

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名(研究機関名・職名は研究参加期間終了時点)

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)

主たる共同研究者：

宮崎 純 (奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科 准教授)

小口 正人 (お茶の水女子大学理学部情報科学科 教授) (平成18年3月～)

飯田 安津夫 ((株)富士通ストレージシステム事業本部 部長付)

和泉 吉則 (NHK 放送技術研究所 主任研究員(～平成 19 年 3 月))

中村 隆喜 ((株)日立製作所システム開発研究所 研究員) (平成 16 年 4 月～)

3. 研究内容及び成果：

情報技術の発達により、個人や組織のシステムが保持するデータの種類や数・容量が爆発的に増加している。これからの情報社会においては、そのような膨大なデータを確実に蓄積し、安定して供給することが強く求められている。これまでの情報システムでは、多種・大量のデータの蓄積・供給のために、専門家が関わって緻密に管理してきた。しかし、人間の管理能力には限界があり、システムの構築や運用における管理コストの増大を招いている。特に、システム中に故障や負荷の偏りが発生した場合に、情報提供サービスの品質の保持するための管理が困難となってきた。さらに、利用者が必要とする情報を探し出し、有効に活用するための格納方法や検索方法もデータの多種・大量化に対応する必要も生じている。

本研究では、これからの情報社会に求められる情報システム基盤としてのストレージ機能を提供することを目的に、

- ・ データの数・容量が増加しても容易にシステムを拡張し性能を向上させ、
- ・ システム規模が拡大しても低管理コストでコンテンツを安定して提供し、
- ・ 故障や負荷の偏りが発生しても提供するサービスの品質を保持し、
- ・ 蓄積された多種多様なコンテンツの特徴を活かした管理・検索を可能とする

ための要素技術を確立することを目指して研究を行った。

システムに拡張性を持たせ管理コストを削減するため、従来はサーバで行われてきた管理・検索処理をストレージ側で分散して行うアプローチを取り、その実現のために必要となる一連の技術を提案した。実験等によってその有効性を示し、トップレベルの国際会議や各種論文誌等でその成果を多数公表し、高い評価を得た。

さらに、提案技術の組み合わせによって実際にこれまでにないストレージ環境が実現できることを示すために、プロトタイプハードウェアとその上のソフトウェアを開発し、デモンストレーションを行って、提案技術の効果をわかり易く公開してきた。それと同時に、国内外の技術動向調査を行い、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に、海外で 3 回の国際ワークショップを開催した。以下、グループ毎の研究内容及び成果を示す。

(1) 先進ストレージ研究統轄・推進グループ

ストレージ管理・検索処理をストレージ側で効率よく行うための様々な手法を提案し、実際の並列環境を用いた実験によってその効果を示した。例えば、分散環境での同時多数アクセスに対応するために、通信コストを抑えた分散ディレクトリ用の同時実行制御手法を提案し、多数ノードを用いた実験によって、高性能でシステムの

拡張性に優れていることを実証した。また、ストレージノード間でデータの一貫性を保つための効率的な分散コミットプロトコルを提案し、従来プロトコルと比較して非常に効率的であることを実証した。さらに、ストレージノード間のアクセスバランスと容量バランスを両立させるために、プライマリ・バックアップ構成の特徴を活かしたデータ配置手法と、差分バージョンを有効利用した手法を提案すると共に、それらの均衡化処理の際に発生するデータ移動によるサービス品質の低下をできるだけ抑えるノード間データ転送手法に関する提案も行い、その効果を確認した。この他、ストレージにおける暗号化手法や、ストレージに格納される XML を効率よく扱うための、ラベリング手法や索引構造、類似した XML 部分木を効率よく発見する方法等に関して提案を行い、その効果を示した。

(2) 高度メディア蓄積・管理手法研究グループ

先進ストレージシステムに格納される高度メディアのメタデータあるいはデータそのものとして XML に着目し、XML の分散格納方式と高速検索手法に関して提案を行い、効果を示した。ストレージ側で XML 処理を行う独自のエンジンの開発を行い、これまでの手法に比べて格段に高速に検索が可能であることを示した。また、XML のデータ分割および分散配置についても独自の手法を提案し、類似研究に比べて高い性能が得られることを示した。

(3) ストレージネットワーク研究グループ

先進ストレージシステムの利用範囲拡大のために、広域分散を考慮したストレージネットワーク技術に関して研究を行った。広域分散環境で安全に利用するための VPN を想定し、VPN 上でストレージネットワークの信頼性と性能を向上させる手法に関して提案と評価を行い、その効果を示した。

(4) システムアーキテクチャ研究グループ

先進ストレージシステムの機能を実証するための開発プラットフォームとして、自律ディスクプロトタイプシステムのアーキテクチャの検討及び試作を行った。プロトタイプシステム上の自律ディスクソフトウェアへの機能追加と汎用環境へ対応する I/F の追加を行い、先進ストレージシステムの機能検討と実環境での検証を可能とした。

(5) ストレージ技術動向調査グループ

国内外の大学、企業における大規模自律分散型ストレージに関する関連技術動向に関する調査およびセンター間広域分散ストレージに関する関連技術動向に関する調査を行い、提案手法の位置づけの明確化を行った。

4. 事後評価結果

4-1. 外部発表(論文、口頭発表等)、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

外部発表に関しては、この分野のトップレベルの国際会議 ICDE や BNCOD, EDBT 他、多く(101 件)に採択され質も高く、発表数も十分ある。また、トップのジャーナル論文にも多数(65 件)採録されており、十分である。また、それらに対して、数多くの受賞をしており、研究の質の高さを裏付けている。

工業所有権については、合計 18 件の特許出願が出ている。これらの特許は、この分野における基本的な技術を抑えており、妥当な数である。ただ、欲を言えば、大学の内部事情があるにしても、何らかの対策を打って外国出願が欲しかった。

研究成果に関しては、今後のストレージシステムのあり方を提唱し、それを実現するための多くの諸要素技術を開発した。また、方式提案のみならず、プロトタイプハードウェアとソフトウェアを Windows CIFS 配下で動作を実証し、その実現可能性を明らかにした。技術の動向に沿って、最近の要求に合った研究テーマを適切に選び、それぞれに優れた成果を出している。その内容は、複数ノード間での同時実行制御、コミットプロトコル、負荷バランスと容量バランスの並存、ノード追加と削除、故障対応、回復の他、XML のメディア指向ストレージ

分野における高精度な検索などで、これらは、大変大きな成果である。

当初の計画では、負荷と容量の自動バランス機能や、耐故障処理の実現、格納コンテンツの特徴を生かしたデータ管理を実現することとしていた。これらに対し、前 2 者は十分にそれらを実現してみせた。3 項目に関しては、当初のストリーム情報向きの管理のみならず、研究を拡大し XML データを効率よく格納し高速に検索する機能を実現した。また、ハードウェア、ソフトウェア双方のプロトタイプの開発を行い、性能面などの動作検証を行っており、実用性の高さという面でも評価できる。

従って、当初計画に対し、十分に成果が出ている。

4-2. 成果の戦略目標・科学技術への貢献

今後の情報システムはストレージがキーである。そのストレージ構成に対して、今後の方向性を見据えた先進的な機能を実現する手法を与えた。分散制御、データ配置、コンテンツ管理などで、これらは、この分野に大きなインパクトを与えている。企業が研究開発に連携していることはその証である。実際にこれらが広く普及するには、技術のみならず、様々な制約や既存技術のしがらみを解決する必要がある。この提案技術が既存技術にすぐ取って代わると簡単には言えないが、既存技術の見直しをする場合には必ず比較検討されるものになることは確実であろう。

世界の大学における研究に比べると、段違いに完成度の高い優れた研究となっている。また、ストレージに関する研究は元々、企業による開発が主体となっており、他の類似研究と比較することは容易でなく、また、そのような領域の研究が一流の国際会議に採択されることは大変難しい。それにも関わらず、そのような場で活躍できていることは、この研究の質の高さを裏付けている。従って、世界の研究に比して、十分にレベルの高い研究となっていると言える。

ストレージの重要性は今後ますます高まる。この先進ストレージの研究は、方式を完成させ、プロトタイプを実現したとは言え、商用にするには未だ、更なる検討が必要であり、企業へ売り込む努力をして商用化への道を切り開いて欲しい。今後は、これらの成果を受けて、そういう意味での更なる展開が期待される。

4-3. その他の特記事項(受賞歴など)

チーム主催の国際ワークショップを海外で3回開催し、成果の公表を行うとともに、当該分野のトップレベル研究者集団に入り込み、かれらとの議論を通して研究成果に反映させてきた。従って、この成果は既に国際的にも認知され優れた内容となっている。また、この活動を通して若手研究者も多く育てている。

受賞については、学会論文賞や優秀論文賞を 7 件、学生奨励賞を 10 件、他 2 件、併せて 19 件もの受賞があり、また新聞報道等も 5 件あり、良い成果を挙げた証左となっている。

以上