

審査結果の要旨

論文提出者氏名 荒川淳平

本論文は、「データ管理のための増加対応力に優れた分散ファイルシステム」と題し、データ管理で問題となるデータ量、ユーザ数、機能要求の増加に対応できる分散ファイルシステムの構成法について明らかにしている。データを保管する、共有する、利用するという課題について、それぞれコンパクトな分散ファイルシステム、ユーザビリティに優れた分散アクセス制御機構、拡張可能なファイルシステムフレームワークを提案している。これらを統合した分散ファイルシステムは商用システムとして実際に実用化されており、この実用化によって得られた知見についてまとめている。

本論文は6章からなる。

第1章「緒論」では、現在の情報化社会におけるデータ管理の重要性について述べている。また、データ管理をする上で問題になるデータ量の増加、ユーザ数の増加、機能要求の増加といった増加要求に関する定義を行い、本論文が扱う問題を規定している。

第2章「コンパクトな分散ファイルシステム」では、データを保管する観点から要件を定義し、それらを満たすコンパクトな分散ファイルシステムの構成手法を明らかにし、具体的に分散ファイルシステム `yass` を設計・開発し、評価を行っている。バージョン管理機能を持つ、単一障害点を排除する、OS や特殊なハードウェアに依存しない、導入・構築や機能拡張が容易である、といった多様な課題に対して、追記のみのエントリの保存方式や `Consistent Hashing` などの既知の要素技術を組合せ、ウェブサーバ上を実現するといった構成の工夫により、非常にコンパクトなシステムとすることで解決している。データの一貫性モデルとして、要求に応じて選択可能な `BASE` 版と `ACID` 版の2つを設計し、`BASE` 版は `PHP`、`ACID` 版は `Scala` を用いて開発し、特定のハードウェアや OS に依存しない `yass` の2実装を示している。実装を用いてスケーラビリティの評価を行い、結果としてデータ量の増加に対してもノードの追加で対処できることを確認している。また、導入に必要なコンポーネント数も少なく、機能拡張や導入・設定コストを低く抑えていることを確認している。

第3章「ユーザビリティに優れた分散アクセス制御機構」では、分散アクセス制御機構を実世界で広く利用するためにユーザ体験に着目したユーザビリティの改良を提案している。単一障害点を持たず、性能がスケールアウトするアクセス制御機構を構築するには分散アクセス制御機構を用いることが考えられるが、証明書による権限委譲といった機能や

可用性やスケーラビリティの面で優れる反面、既存研究では公開鍵認証以外が利用できない、自律的な認証情報が更新できない、権限変更に副作用が伴うといった、実際に利用するとき問題になる点を抱えていた。そこで、本章では新たに公開認証情報を用いた認証、ノード秘密鍵による機構による署名、証明書の無効化と更新の区別を盛り込むことで、これらユーザビリティに関する問題を解決する手法を提案している。また、提案機構で CRL (Certificate Revocation List) 及び CUL (Certificate Update List) を分散管理する方法についても設計を示し、高い可用性とスケーラビリティの実現方法を示している。提案機構のシミュレーションプログラムおよびプロトタイプを実装して評価を行い、ノード数の増加によって提案機構の性能が向上すること、計算機の台数によってスケールアウトすることを確認している。

第 4 章「拡張可能なファイルシステムフレームワーク」では、既存のソフトウェア資源を有効に活用でき、OS に依存しない拡張可能なファイルシステムフレームワーク Decas の設計と実装、およびその評価を述べている。従来のファイルシステムが抱えていた、ファイルシステムがカーネル空間で実装されていること、モノリシックな構造をしていること、OS に依存しているといった問題点を解決するため、ファイルシステムをユーザ空間で拡張可能とする構成、ファイルシステムピボット方式を提案してモジュールの組み合わせで拡張する方式、OS に依存せずに実現できるフレームワークの設計と実装について述べている。ベンチマークによる性能の評価を行い、オーバーヘッドは平均して 8.3% 以内に収められることを確認している。

第 5 章「データ管理システムの応用」では、前章までで述べた分散ファイルシステム、分散アクセス制御機構、ファイルシステムフレームワークを統合したデータ管理システムについて、実用化を目指す上で重要となったポイントをまとめている。また、実際に商用システムとして応用されている 3 つの例を示し、本研究で開発したシステムの実用性を述べている。

第 6 章「結論」では、本論文の貢献をまとめ、今後の展望を論じている。

以上のように、本論文はデータ管理についての、データ量、ユーザ数、機能の追加要求といった増加要求に対応できる、コンパクトな分散ファイルシステム、ユーザビリティに優れた分散アクセス制御機構、拡張可能なファイルシステムフレームワークの構成法を明らかにし、さらにこれらを統合したデータ管理システムの応用事例を述べ実用性を実証しており、この分野に少なくない貢献を果たしている。すなわち、本研究は情報理工学に関する研究的意義と共に、情報理工学における創造的実践に関し価値が認められる。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。