

## 論文内容の要旨

博士論文題目

データベース接続層の拡張による ICT サービスの信頼性向上の研究

氏 名 中村 暢達

(論文内容の要旨)

現在の多くの企業活動，市民生活にとって，情報通信技術（ICT）サービスは不可欠であり，ICT サービスシステムの信頼性を最大化することが求められている．信頼性向上のために，システムの構成要素を多重化し，障害発生時に，同等の機能を有する構成要素で代替させることが基本的な対処であり，構成要素の多重化管理が重要となる．

従来の多重化管理は，ストレージもしくはデータベースのレイヤで行われるものであるが，複製の制御は固定的であり，多様かつダイナミックに変化するサービスの信頼性要件に対応することは困難であった．また，データベースの多重化では，サーバ負荷が増大し，性能劣化が大きいという問題があった．

本論文では，このような課題に対し，ICT サービスのシステム構成の多くが，サービスとデータを分離，つまりアプリケーション・サーバとデータベース・サーバとから構成されることに注目し，その汎用的なインタフェースとなっているデータベース接続層を拡張することで，データベース多重化構成を管理する方式を提案する．提案方式は，以下の特長を有する．

- 多重化管理は，アプリケーション・サーバにおいて実行されるので，データベース・サーバの負荷を増大させることはない．同時接続数が増えた場合には，拡張したデータベース接続層が，データベースへのアクセスを平準化するため，性能低下は発生しない．
- アプリケーションの多くは，標準的なデータベース接続 API を利用しており，この API を提供しているライブラリを，本研究で開発したものと置き換え，冗長構成部と接続することで，容易に冗長構成に変更できる．つまり，既存アプリケーションのプログラムソースの変更が不要である．また，データベースのアクセスログをデータベース接続層でバッファ管理するこ

とによって、冗長のデータベースの接続、および切り離しを、サービスを停止させることなく行うことができる。

- データベース接続層で交換されるデータは、一般的にSQL形式であるので、処理種別などの監視・可視化が容易である。その監視結果に応じて、複製処理を柔軟に制御、あるいはログを柔軟にフィルタリングすることを可能とする。サービスの信頼性要件は多様であるが、その要件に応じて、必要最小限のデータベース処理要求のみを冗長構成部に送るように設定することで、信頼性を確保しつつ、処理性能を最大化することが可能となる。

上記に示した方式を、Java のデータベース接続層である JDBC に適用し、ベンチマークソフトウェア等を利用して、動作評価および機能評価を行った。従来のデータベース複製方式と比べ、提案方式は処理性能に優れ、また多様な信頼性要件に応じての複製制御が可能であることが確認できた。

## (論文審査結果の要旨)

本論文は、Web 三層モデルの ICT サービスシステムにおけるサービスの信頼性に関して、モジュールの多重化構成管理に注目し、既存のデータ複製によるストレージ多重化、データベース多重化の各方式の限界点を明らかにした上で、アプリケーションサーバ上のデータベース接続層におけるトランザクションレベルの多重化管理方式を提案し、評価している。

提案した多重化システムでは、データベース接続層のデータベースアクセスの種類に応じて、主データベース、副データベース間での整合性保持のためのアクセス順序制御、遠隔転送時の性能劣化回避のための同期・非同期切り替え制御を行い、また、機械学習を用いて、データベースアクセスのタイミング制御を自動化する方式を開発し、サービスの信頼性要件に適応して、柔軟かつ容易に多重化構成管理を実現できることを示した。

本論文の成果は以下に要約される。

1. ICT サービスの障害は企業活動、社会生活に大きな影響があり、たとえ障害が発生しても、代替のシステムがサービスを継続するようにシステムを多重化構成することが望まれる。一般的なサービスの信頼性要件は不確定のため、多重化構成の設計は困難であり、また複製処理のオーバーヘッドによる性能低下といった課題があった。これらの課題に対し、状況に適応して、複製処理をする・しない、同期・非同期を切り替えるような制御に着目した。既存のデータ複製では、データの意味に応じて制御するなど状況に適応する制御は困難であり、また複製処理においては、複数データベース間での整合性を保証するアトミック性が必要であることから、トランザクションレベルの多重化構成管理を考案した。具体的には、複数アプリケーションサーバが同時にデータ更新をする際に、セマフォサーバを使ってそのアクセス順序を制御する・しないを切り替えることで、必要なアクセスに対してのみ順序制御を行い、性能劣化を抑制した。また、災害時対応のために遠隔地に複製する際、同期アクセスによる信頼性保証と、非同期アクセスによる性能向上とのバランスを制御し、サービスの信頼性要件を満たしつつ、性能向上を実現した。これらの成果は、Java のデータベース接続ライブラリである JDBC を拡張したシステムを実装し、検証した。

2. 上記多重化構成管理における性能と信頼性とを柔軟に制御するため、学習型の遠隔データアクセスのタイミングを更新する方式を考案した。従来のルール記述型の方式では、システムの状態、イベントのログに応じて、その対処を指定する必要があったが、提案では、ログからイベントの発生パターンとアクセスタイミングとの関係を学習し、各イベントに対して、アクセスを行うべきか否かを判断する。機械学習技術として SVM (Support Vector Machine) を用いた提案システムを試作し、ルールを記述することなく、アクセスを制御でき、判断の閾値を変化させることで、システムの性能と信頼性とを柔軟に制御できることを確認した。

以上のように、本論文は ICT サービスシステムの信頼性の研究として、データベースアクセスのトランザクションレベルでの多重化構成管理方式を提案し、信頼性を劣化させることなく、柔軟かつ高性能な高信頼サービスシステムの構築を容易に行えることを提示した。このようなサービスやビジネスに密に連携したシステム制御に対するニーズは今後増大すると考えられ、学術上だけでなく、実用面でもその貢献度は大きいといえる。よって本論文は博士(工学)の学位論文としてふさわしいものと認める。