

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 19 日現在

機関番号：34304

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700078

研究課題名(和文)ディペンダブル・データベースシステムのためのサービス指向フレームワーク

研究課題名(英文)Service-oriented Framework for Dependable Database Systems

研究代表者

林原 尚浩(HAYASHIBARA, Naohiro)

京都産業大学・コンピュータ理工学部・准教授

研究者番号：20397227

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：分散データベースシステムは、複数のノードで動作するDBMSを協調動作させてサービスを提供する。またそれらのサービスをより頑健にするためには、耐故障分散アルゴリズムを実装したサービスなどと複合する必要がある。

本研究では、ディペンダブル・データベースシステムを構築するための、サービス指向フレームワークSquareknotを提案、実装、評価を行った。このフレームワークでは、分散データベースなどを含む様々なサービスをコンポーネントとして組み合わせることでシステムを構築することができる。また、設定ファイルの書き換えによりコンポーネントの組み合わせ、定義したアスペクトの組み込みなども可能となる。

研究成果の概要(英文)：Distributed database system offers a service in cooperation with multiple DBMS on nodes in the system. Moreover, it needs to combine with some fault-tolerant distributed algorithms to be a highly reliable system.

In this research theme, we proposed, implemented and evaluated our proposed Service-Oriented Architecture (SOA) based framework, called Squareknot. This framework includes components implemented services and combine those components to build a whole service. In addition, it can change links between components and weave pre-defined aspects into the service by a configuration file.

研究分野：ディペンダブルシステム

キーワード：ディペンダビリティ 分散データベース コンポーネント指向

1. 研究開始当初の背景

分散データベースシステムは、複数のノードで動作するサーバ(DBMS)などと連携してサービスを行うため、従来のデータベースと異なる要素が必要となっている。また、提供するサービスの種類によってデータベースシステムに要求される技術なども異なっている。例えば、トランザクションを必要としないサービスに対しては、更新されたデータの反映を即時に保証しない(Eventual Consistency)かわりに、ロックを使用せず、スループットの高いデータベースシステムを構築する。

このように、データベースシステムは提供するサービスに合わせた高いカスタマイズ性が求められている。

2. 研究の目的

本研究では、分散データベースシステムを中心とした、サービス指向フレームワークの構築を目的としている。提供するサービスに合わせて、分散データベースシステム、サーバ間通信、ユーザインターフェイス、メンテナンスサービスなどを柔軟に組み合わせてプロトタイプを構築し、実験的検証を容易に行えるようにする。

各サービスは、フレームワーク内のコンポーネントとして扱われる。個々のサービスにはそれらに対応したコンポーネントインターフェイスが実装され、従来のサービスをそのままフレームワークに取り込むことができる。それぞれインターフェイスの異なるサービスについては、フレームワークの内部で通信可能な形式に変換を行うことで相互通信をサポートしている。

3. 研究の方法

本研究で開発を行うフレームワークの基本的な機能となる、サービス間通信、コンポーネント間設定機構、サービス間で共通のインターフェイスなどの実装を行った。また、実装したフレームワーク(Squareknot)の有効性を確認するために、様々なサービスの組み合わせを本フレームワークを用いて行う。

さらに、フレームワークで扱うことのできるサービスを増やすために、サービスに対応するコンポーネントインターフェイスの実装を行った。特に、メンバシップ管理、ゴシップ通信などのコンポーネントインターフェイスを実装し、それらの性能評価を行う。

それらに加え、分散データベースシステムに適したサーバ間通信アルゴリズムなどについても提案、実装、評価を行う。

4. 研究成果

実装を行ったフレームワーク Squareknotの有効性を確認するために、以下の3つのシステムのプロトタイプを構築し、評価を行った。

- i) ホームネットワークにおける家電操作

システム

Squareknot を用いて家電を任意のコントローラで操作できるようなシステムのプロトタイプを構築した。家電(テレビ、冷蔵庫、監視カメラなど)とコントローラの情報データベースに保持し、ユーザがあるコントローラを用いて指示した動作を家電に伝えることができる。ここで重要な点は、通信が発生する部分などで共通の例外処理に関するコードが大量に発生する点であり、これらを Aspect 指向に基づいたコードの合成を行う事で、コンポーネントインターフェイス側に例外処理などを記述する必要がなくなった。

これにより、コンポーネントインターフェイスのコードが簡素化し、メンテナンス容易性が向上した。

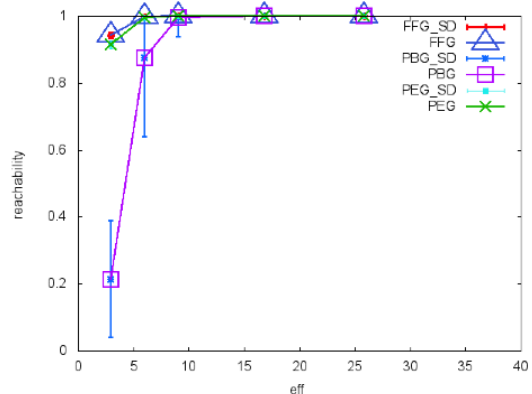
- ii) サーバ間通信のためのゴシップアルゴリズムの開発

ゴシップアルゴリズムは、非構造 P2P ネットワークのようなネットワーク構造が変化しやすいシステムにおいて、メッセージを効率的に配送するアルゴリズムである。

一方で、マルチキャスト木やルーティングをベースにしたメッセージ配送のように、確実な配送は保証しておらず、確率的にメッセージを伝搬するため、メッセージを受け取ることができないノードがでる可能性がある。

本研究では、システムのノードの配置に偏りが出た場合のゴシップアルゴリズムの評価と比較を行っている。

偏りが無いネットワークはまんべんなくノードが配置されており、均等にリンクが張られている状況を指す。一方偏りがあるネットワークとは、ノードの配置に偏りがあり、リンクが密な部分と疎な部分に分かれているネットワークを指す。



このような状況において、FixFanout, **図 1 偏りが無いネットワークにおける性能評価**

ProbabilityEdge, ProbabilityBroadcast の 3 つのアルゴリズムの性能評価を行った。

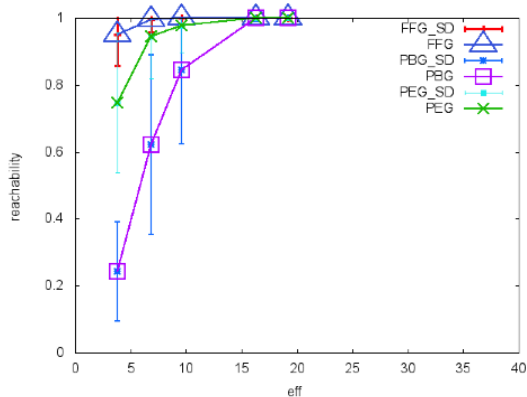


図 3 偏りがあるネットワークにおける性能評価

それぞれのアルゴリズムには異なるパラメータがあるので、Effectual Fanout (eff) という指標を用いている。このパラメータは各ノードが出すメッセージ数の平均値を示している。これに対して、全体のノードに対して、メッセージがどれくらい行き渡っているかを測定した。図 3 の偏りが内ネットワークにおいては、ノード数が充分多い場合は ProbabilityGossip 以外のアルゴリズムについてはほとんど性能は変わらないが、偏りがあるネットワークにおいては、特に $eff < 20$ の時に FixFanout アルゴリズムが安定して高いメッセージの到達性を示している。

分散データベースシステムにおいても、サーバ間でのネットワークの再構成によってこのような偏りのあるネットワーク構造になる可能性があり、複数のゴシップアルゴリズムが使える状況の中で、現在のネットワーク構造に一番有効なアルゴリズムを選択する必要があることが示された。

iii) 3D オブジェクトのためのアノテーションおよび視点情報の同期システム

本研究では、コンポーネントとしてデータベースシステムに Redis, サーバ間通信を WebSocket, フロントエンドサービスに Node.js を用いて 3D オブジェクトのアノテーションと視点の同期システムを提案フレームワークを用いて構築した。

このシステムは、3D オブジェクトにテキストのアノテーションを付与し、それを複数のユーザで共有する機能と、あるユーザのカメラ視点を複数のユーザで共有する機能を持っている。前者は、位置情報付きのアノテーションを 3D オブジェクトに貼り付け、カメラの視点の範囲がそのアノテーションを包含すると表示されるようになっている。後者は、あるユーザが 3D オブジェクトを操作し

た際に、他のユーザがそのユーザの視点を共有する要求を行ってれば、そのユーザの視点を共有することができるという機能である。これらの 2 つの機能は独立に実現されている。

このシステムでは、アノテーションと位置情報を Redis に格納し、サーバ間通信サービスを用いて、フロントエンドサービス (Web ブラウザ) へ伝達する。

また、視点の同期機構は Publish/Subscribe モデルに基づいたロックを用いない実装を行っており、スケーラビリティにも優れている。

このスケーラビリティに関しては、実験を行い、クライアント数に対するサーバの CPU 利用率を測定した。

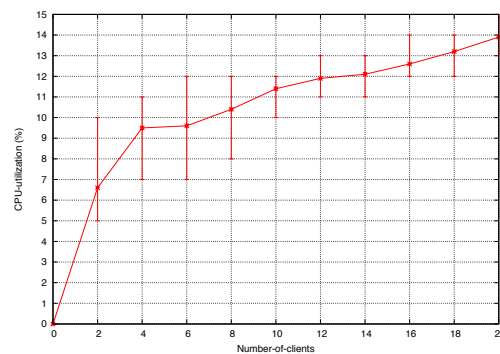


図 5 視点同期機構の性能評価

実験ではクライアント数は 2~20 台の範囲で、3D オブジェクトは常に操作されている状況のもとで行われた。

図 5 から分かるとおり、クライアント数が 2 から 20 に増えた際の CPU 負荷増加率は 110% となっている。つまり、同様に CPU 負荷が増加すると仮定すると、クライアント数が 100 となっても CPU 負荷は 30% 未満であり、サーバが 1 台でもユーザに対して充分サービスを提供できると言うことが分かった。

このように Squareknot を用いることで、提案システムの性能評価などを目的としたプロトタイプを比較的早く、また、可読性の高い形で構築することができることを示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 7 件)

- ① 山本佑太, 林原尚浩, 非構造化 Peer-to-Peer オープンネットワークにおける Publish/Subscribe システムの実現, 情報処理学会第 77 回全国大会, 査読無, 京都大学 (京都府・京都市), 2015 年 3 月 19 日

- ② 高橋右, 林原尚浩, ネットワーク結合による統合実行環境の実現, 情報処理学会第77回全国大会, 査読無, 京都大学(京都府・京都市), 2015年3月19日
- ③ 今江健悟, 林原尚浩, 3Dオブジェクトのためのアノテーション共有システム, 情報処理学会第162回DPS研究会, 査読無, 法政大学(東京都・小金井市), 2015年3月5日
- ④ D. Yamamasu, N. Hayashibara, On Message Reachability of Gossip Algorithms in Degree-Biased Peer-to-Peer Networks, IEEE Int' l Conference on Parallel and Distributed Systems Workshops (UCCF 2014), 査読有 新竹市(台湾), 2014年12月16日
- ⑤ T. Ujinawa, N. Hayashibara, Aspect-Oriented Exception Handling for Network Programming in a Component-Based Framework, IASTED Int' l Conference on Software Engineering, 査読有, インスブルック(オーストリア), 2014年2月18日
- ⑥ T. Ujinawa, N. Hayashibara, Squareknot: a Flexible Framework for Actuators and Controllers in Smart Environment, Int' l Workshop on Ubiquitous Information Processing and Management (UPIM 2012), 査読有, 九州産業大学(福岡県・福岡市), 2012年9月5日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

林原 尚浩 (HAYASHIBARA, Naohiro)

京都産業大学・コンピュータ理工学部・准教授

研究者番号: 20397227