

異種端末が混在した P2P 型複製オブジェクト管理手法とその評価

鈴木 悟[†] 櫻打 彬夫[‡] 高田 秀志[†]

立命館大学 情報理工学部[†] 立命館大学大学院 理工学研究科[‡]

1. はじめに

近年, Android 搭載端末に代表されるスマートフォンのように携帯端末の性能が向上したため, 携帯端末で複雑な処理が可能になった. このことから, コンピュータによるリアルタイムな協調作業においても携帯端末が利用されている [1][2]. 我々は, その中でも, 異種端末混在環境で協調作業を行うアプリケーションに着目する.

コンピュータを利用した協調作業では, 協調作業を行う端末によって作業グループが形成される. このグループに所属する端末で何らかの作業が行われた場合, その結果を他端末へ反映させるために, 各端末は, 共有データや実行された操作をリアルタイムに同期する必要がある. また, 協調作業で中途参加を行う端末は, 中途参加時に, 端末内のデータを参加対象グループで共有されているデータと同期させる必要がある. これらを実現するために, 我々は, 各端末へ配置された複製オブジェクトの状態を同期する P2P 型複製オブジェクト環境「CUBE」[3][4]の構築を行っている. この P2P 型複製オブジェクト環境において異種端末が混在した場合, オブジェクトの実装が異なると複製オブジェクトをシリアルライズして送信するなどの方法で, 直接同期させることはできない. したがって, 端末間に存在する実装の差異を考慮して複製オブジェクトを配置する必要がある. また, PC と比べ携帯端末は, ネットワーク通信時に, より大きなオーバーヘッドがかかる. このことから, 複数の複製オブジェクトが複数回の通信により同期されると, 通信オーバーヘッドによる遅延が非常に大きくなるという問題も発生する.

本稿では, こうした異種端末混在環境での P2P 型複製オブジェクト環境の問題点を解決するために, 端末間の実装差や通信オーバーヘッドを考慮した P2P 型複製オブジェクト管理手法を提案する. また, 携帯端末上での複製オブジェクト同期時間の計測結果を示し, 遅延に対する有効性を検証する.

2. 異種端末混在環境での協調作業

2.1 P2P 型複製オブジェクト環境

P2P 型複製オブジェクト環境上に構築された協調作業支援アプリケーションは, 作業グループ参加端末へ複製オブジェクトを配置する. そして, 複製オブジェクトの状態を同一に保つことにより, 協調作業で要求される共有データや操作の同期を行う. CUBE では, オブジェク

トミラーリングと呼ばれる複製オブジェクト同期手法を用いてこれを実現している. オブジェクトミラーリングでは, ある端末で複製オブジェクトのメソッド呼び出しが行われると, 他の端末でも同じメソッド呼び出しを発生させ, 複製オブジェクトの状態を同期する.

2.2 協調作業での中途参加

P2P 型複製オブジェクト環境で中途参加を行う場合, 中途参加端末の複製オブジェクトは, 図 1 のようにグループ参加端末の複製オブジェクトと同期を取る必要がある. しかし, 携帯端末と PC ではオブジェクトの実装が異なる場合がある. 例として, ボタンの実装を Java のクラスで挙げると, PC で利用される Java SE では, `javax.swing.JButton` であるが, 携帯端末で利用される Android SDK では, `android.widget.Button` となる. これらのクラスの間で相互にオブジェクトを同期させようとしても, クラスの実装が異なるため, シリアルライズによりバイト列などへ変換された複製オブジェクトを, デシリアルライズにより元へ復元することができない.

また, 別の問題として, 携帯端末は, 通信オーバーヘッドが大きくなることが考えられる. 実際に, Android Dev Phone 1 から無線 LAN を経由して同一ブロードキャストドメイン上のサーバに向けて ping を実行したところ, 平均応答時間が 66ms であった. これを PC で実行すると, 平均応答時間は 2ms であった. したがって, 携帯端末では, 複数回の通信を行うと, そのオーバーヘッドが非常に大きくなる.

異種端末混在環境では, これらを考慮した P2P 型複製オブジェクトの管理手法が必要とされる.

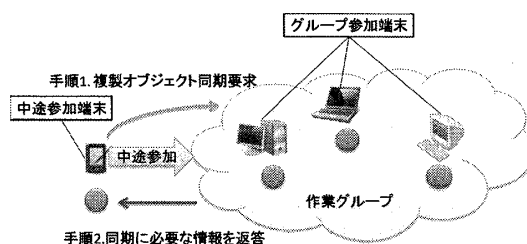


図 1: 作業グループへの中途参加

3. 複製オブジェクト管理手法

3.1 複製オブジェクトの種類

複製オブジェクトは, 複製オブジェクトの同期手法から, 直接複製オブジェクト, および, 間接複製オブジェクトに分類して管理を行う.

直接複製オブジェクトは, オブジェクトのフィールド, および, メソッドが同一な複製オブジェクトである. そ

Evaluation of Management Methods for P2P-based Replicated Objects on Heterogeneous Devices

[†] Satoru Suzumoto, [‡] Yoshio Sakurachi, [†] Hideyuki Takada

[†] College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

[‡] Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

のため、シリアルライズによりバイト列などへ変換されたオブジェクト自体を、同期に必要な情報として扱える。直接複製オブジェクトの同期は、複製オブジェクト同期要求を受けたグループ参加端末が、共有されている複製オブジェクトをシリアルライズし、中途参加端末でデシリアルライズすることで行われる。

間接複製オブジェクトは、オブジェクトの実装が端末によって異なる複製オブジェクトである。本稿では、間接複製オブジェクトの同期に、同期対象となるフィールドに対応した setter/getter を使用した手法 [4] を用いる。

3.2 複製オブジェクトの複数同期

複数の複製オブジェクトを同期する場合は、図 1 の手順 1. や手順 2. を複製オブジェクトの数だけ繰り返す必要がある。この時、複数回の通信ではなく 1 回の通信へまとめることにより、通信オーバーヘッドの影響を減少させることが可能である。そのため、各端末は、図 1 の手順 1. 手順 2. でやり取りされる通信を複製オブジェクト単位で管理するのではなく、中途参加時に同期が必要とされる複製オブジェクト群で一括して管理する。

4. 実験

4.1 実験内容

3.2 節で提案した手法の有効性を検証するために、携帯端末で作業グループに対し中途参加を行い、複数の複製オブジェクトを同期させる実験を行った。この実験では、3. 節の手法を CUBE へ適用し、複製オブジェクト群で一括して通信を管理した場合と、複製オブジェクト単位で通信を管理した場合で、処理時間を計測した。実験で同期対象とした複製オブジェクトには、int 型のフィールド 2 つに加え、それぞれに対応した setter/getter メソッドが定義されている。これを直接複製オブジェクト、および、間接複製オブジェクトの両手法で同期した。また、携帯端末による中途参加は、PC 1 台が稼働している作業グループ (PC 単独構成) と、PC 2 台と携帯端末 1 台が稼働している作業グループ (異種端末混在環境) で行った。

4.2 実験結果と考察

PC 単独構成での 1 個あたりの複製オブジェクト同期時間は、図 2 で示すグラフのようになった。また、異種端末構成環境での 1 個あたりの複製オブジェクト同期時間は、図 3 で示すグラフのようになった。

複数の複製オブジェクトを同期するときに、複製オブジェクト単位で通信を管理した場合、1 個あたりの複製オブジェクト同期時間は、一定にならなかった。これは、通信回数の増加によって端末で実行されたガベージコレクションが増加したことや、不安定な通信オーバーヘッドの影響を大きく受けたためだと考えられる。一方、複製オブジェクト群で一括して通信を管理した場合、同期する複製オブジェクトの数が増加するとオブジェクト 1 個あたりの複製オブジェクト同期時間が減少した。このときの 1 個あたりの複製オブジェクト同期時間は、直接複製で約 15ms、間接複製で約 50ms となった。

これらのことから、複数の複製オブジェクトを同期するときの通信を複製オブジェクト群で一括して管理することは、オブジェクト 1 個あたりの同期時間の削減とそのばらつき抑制の観点で有用であると言える。

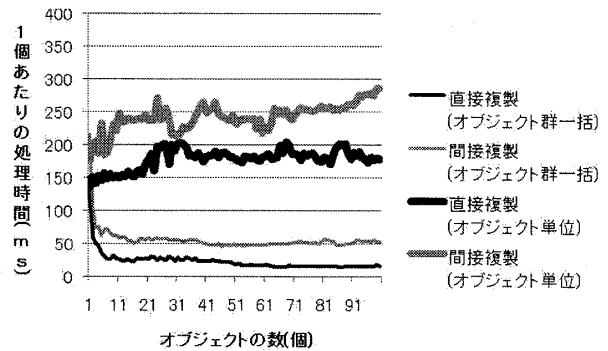


図 2: PC 単独構成での実験結果

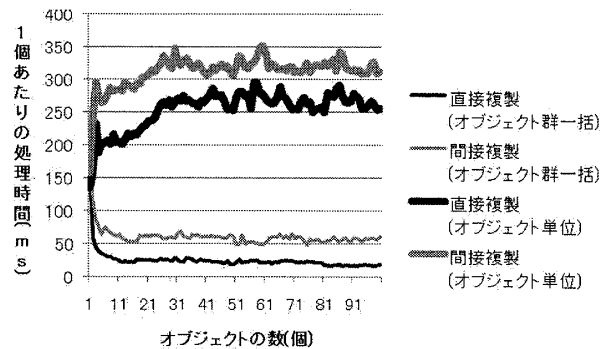


図 3: 異種端末混在環境での実験結果

5. おわりに

本稿では、異種端末混在環境での P2P 型複製オブジェクト管理手法を提案した。また、本稿で提案した手法を適用した場合の通信オーバーヘッドから生じる遅延に対する有効性を示した。今後は、実用的なアプリケーションへ本手法を適用し、その性能評価について取り組む。

参考文献

- [1] 川口明彦, 石原進, 水野忠測: PC と携帯電話の混在環境における電子会議システム, 情報処理学会研究報告, vol.2002-GN-42 No.2, pp. 7-12, 2002.
- [2] 前川卓也, 上向俊晃, 原隆浩, 西尾章治郎: リモートディスプレイ環境における Java 対応携帯電話を用いた情報閲覧システム, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J88-D-I, No. 6, pp. 1091-1103, 2005.
- [3] Shogo Noguchi and Hideyuki Takada: Cube: A synchronous collaborative applications platform based on replicated computation, , Proceedings of The Fifth International Conference on Collaboration Technologies (CollabTech 2009), pp. 19-24, 2009.
- [4] 鈴木悟, 櫻打彬夫, 高田秀志: 小型情報通信端末による共同作業支援のための P2P 型オブジェクト複製環境, 第 8 回情報科学技術フォーラム (FIT2009), No. M-046, 2009.