

分散フレームワーク Alice の PC 画面配信システムへの応用

125769C 氏名 照屋のぞみ 指導教員：河野真治

1 研究目的

当研究室ではデータを Data Segment、タスクを Code Segment という単位で分割して記述する分散フレームワーク Alice の開発を行っている。Alice ではスケーラブルな分散プログラムを信頼性高く記述できる環境を実現する。ここで言う信頼性とは定められた環境下で安定して仕様に従った動作を行うことを指す。Alice では、処理を Computation と MetaComputation に階層化し、コアな仕様と複雑な例外処理に分離する。仕様の変更を抑えながらプログラムの挙動を変えさせることにより分散アプリケーションの信頼性向上をめざす。

本研究では、Alice 上に実用的なアプリケーションである画面共有システム TreeVNC[1] を構築する。構築するにあたり必要となった転送・圧縮などの機能を Alice の MetaComputation として実装する。そして Alice を使用していない TreeVNC との比較を行うことで MetaComputation の役割と有効性を示す。

2 分散フレームワーク Alice の概要

Alice はデータを Data Segment (以下 DS)、タスクをと Code Segment (以下 CS) という単位に分割してプログラミングを行う。DS は Alice が内部にもつデータベースによって管理されている。DS に対応する一意の key が設定されており、その key を用いてデータベースを操作する。

CS は実行に必要な DS が揃うと実行されるという性質を持ち、入力された DS に応じた結果が出力される。CS を実行するために必要な入力 DS は InputDS、CS が計算を行った後に出力される DS は Output DS と呼ばれる。データの依存関係にない CS は並列実行が可能である。(図 1) 実際には Alice は Java で実装されており、DS は JavaObject で CS は RunnableThread である。

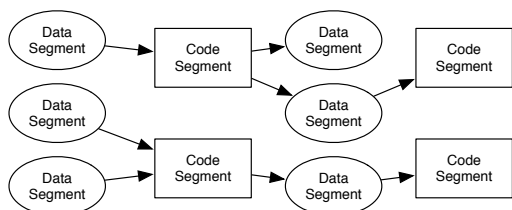


図 1: CodeSegment の依存関係

[Data Segment]

Alice はデータを分割して記述する。その分割されたデータを DS と呼ぶ。実際には整数や文字列などの基本的なデータの集まりのことを指し、Alice の場合は Java オブジェクトに対応する。CS の実行において DS が他の CS から変更を受けることはない。そのため Alice ではデータが他から変更され整合性がとれなくなることはない。

[Data Segment Manager]

DS は実際には queue に保存される。queue には対になる key が存在し、key の数だけ queue が存在する。この key を指定して DS の保存、取得を行う。queue の集合体はデータベースとして捉えられる。このデータベースを Alice では DS Manager (以下 DSM) と呼ぶ。DSM には Local DSM と Remote DSM が存在する。Local DSM は各ノード固有のデータベースである。Remote DSM は他のノードの Local DSM の proxy であり、接続しているノードの数だけ存在する。(図 2) Remote DSM に対して書き込むと対応するノードの Local DSM に書き込まれる。

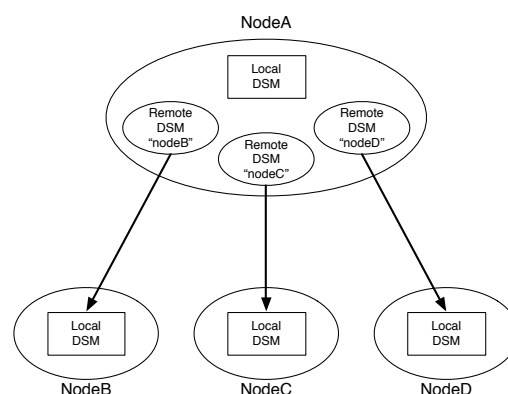


図 2: Remote DSM は他のノードの Local DSM の proxy

[Computation と Meta Computation]

Alice では、計算の本質的な処理を Computation、Computation とは直接関係ないが別のレベルでそれを支える処理を Meta Computation として分けて考える。Alice の Computation は、key により DS を待ち合わせ、DS が揃った CS

を並列に実行する処理と捉えられる。それに対して、Alice の Meta Computation は、Remote ノードとの通信時のトポロジーの構成や切断・再接続の処理と言える。つまりトポロジーの構成は Alice の Computation を支えている Computation とみなすことができる。

プログラマーは CS を記述する際にトポロジーや切断、再接続という状況を予め想定した処理にする必要はない。プログラマーは目的の処理だけ記述する。そして、切断や再接続が起こった場合の処理を記述し Meta Computation で指定する。このようにプログラムすることで、通常処理と例外処理を分離することができるため、シンプルなプログラムを記述できる。Alice の機能を追加するということは Meta Computation を追加すると言い換えられる。

3 AliceVNC

Alice の Meta Computation が実用的なアプリケーションの記述において有用であることを確認する。そのために、TreeVNC を Alice を用いて実装した AliceVNC の作成を行った。TreeVNC とは、当研究室開発を行っている授業向け画面共有システムである。授業で VNC を使う場合、1つのコンピュータに多人数が同時につながるため、性能が大幅に落ちてしまう。この問題をノード同士を接続させ、木構造を構成することで負荷分散を行い解決したものが TreeVNC である。TreeVNC は通信処理部分の記述が大変複雑である。しかし、Alice で記述すれば本質的な処理とそれを支える通信処理部分で分離できるため、シンプルな記述で構成可能と期待される。

4 Alice に追加した MetaComputation(圧縮機能)

AliceVNC で使用する Alice の MetaComputation の一つが圧縮機能である。TreeVNC では画面配信の際、データを圧縮してノード間通信を行っている。そのため、AliceVNC にも圧縮されたデータ形式を扱える機能が必要だと考えた。しかし、ただデータを圧縮する機構を追加すればいいわけではない。

AliceVNC では、ノードは受け取った画面データを描画すると同時に、子ノードの Remote DSM に送信する。ノードは DS を受信するとそれを一度解凍して画面を表示し、再圧縮して子ノードに送信する。しかし、受け取ったデータを自分の子ノードに対して送信する際には、解凍する必要はない。圧縮状態のまま子ノードに送信ができれば、解凍・再圧縮するオーバーヘッドを無くすることができる。

そこで、1つの Data Segment に対し複数の表現を持たせることで、必要に応じた形式で DS を扱うことを可能にした。DS を扱うクラスに、次の3種類の表現を同時に持つことができる。

1. 一般的な Java のクラスオブジェクト
2. MessagePack for Java[2] でシリアライズ化されたバイナリオブジェクト
3. 2を圧縮したバイナリオブジェクト

1は LocalDSM に DS を保存する場合に用いる。また、圧縮せずに RemoteDSM に DS を保存する場合は2の MessagePack 形式で送られる。そして Local, Remote に対し DS を圧縮して保存する場合は3を用いる。

さらに、圧縮状態を持つ DS を扱う DSM として Local と Remote それぞれに Compressed Data Segment Manager の追加した。Compressed DSM の内部では、DS が呼ばれた際に圧縮表現を持っていればそれを使用し、持っていないければその時点で圧縮表現を作って操作を行う。これによりユーザは指定する DSM を変えるだけで、他の計算部分を変えずに圧縮表現を持つ DS を扱うことができる。ノードは圧縮された DS を受け取った後、そのまま子ノードに転送すれば圧縮状態のまま送信されるので、送信の際の再圧縮がなくなる。

5 まとめ

並列分散フレームワーク Alice の計算モデルと実装について説明を行い、Alice におけるプログラミング手法を述べた。

Alice が実用的なアプリケーションを記述するために必要な Meta Computation として、データの多態性を実現し、指定する DSM の切り替えで扱うデータ表現を変えるようにした。これにより、必要に応じた形式を扱うことができ、ユーザが記述する Computation 部分を大きく変えずに自由度の高い通信を行うことが可能になった。同様の手法を用いれば、圧縮形式以外にも暗号形式・JSON 形式などの複数のデータ表現をユーザに扱いやすい形で拡張することができる。

今後の課題としては、AliceVNC と TreeVNC を比較することにより実装した Meta Computation の有効性を示す必要がある。また、TreeVNC では複雑な記述になってしまった NAT 越えの機能を提供できると期待される。

参考文献

- [1] MIWA OSHIRO, and Shinji KONO:授業やゼミ向け画面配信システム TreeVNC の拡張機能, 琉球大学工学部情報工学科平成 26 年度学位論文 (学士) (2014).
- [2] <http://msgpack.org/>
- [3] Yu SUGIMOTO and Shinji KONO: 分散フレームワーク Alice 上の Meta Computation と応用, 琉球大学工学部情報工学科平成 26 年度学位論文 (修士) (2014).

- [4] Nozomi Teruya, Yu SUGIMOTO and Shinji KONO:
分散フレームワーク Alice の圧縮機能, 情報処理学会シ
ステムソフトウェアとオペレーティング・システム研究
会 (OS) (2015).