

7N-3

分散型ワーカモデルを用いたグリッド環境における Modified PrefixSpan 法の動的負荷分散方式

高木 允[†] 田村 慶一[‡] 北上 始[‡]
 広島市立大学大学院[†] 広島市立大学[‡]

1. はじめに

アミノ酸に共通して現れるモチーフと呼ばれる部分配列は、生物の分子進化の過程で保存されたもので、蛋白の機能をアミノ酸配列から推定する上で重要な手がかりとなる。アミノ酸配列からモチーフとなりうる頻出パターンを抽出するために Modified PrefixSpan 法が提案されている。また、Modified PrefixSpan 法を用いた頻出パターン抽出処理をグリッド環境下で行う研究^[1]が進められている。

グリッド環境下では、Modified PrefixSpan 法の特性により、PC クラスタ間で極端な負荷の偏りが発生する。負荷の偏りを解消するために、PC クラスタ間の負荷分散モデルとして分散型ワーカモデルを用い、通信遅延も考慮した動的負荷分散方式としてマルチキャスト方式とキャッシュ方式を併用した方式を提案する。

2. Modified PrefixSpan 法

Modified PrefixSpan 法は事前に、最小支持率(頻出パターンの出現割合)、最大ワイルドカード数(文字間の任意の文字数)、最大誤差数(ワイルドカード領域間隔の差)を決める。例として表 1 に示す 5 本の配列に対して、最小支持数 3(最小支持率 60%)、最大ワイルドカード数 3、最大誤差数 3 とした場合に抽出される頻出パターンを図 1 に示す。

表1 アミノ酸配列データベース

Sequence ID	Sequence
1	FKYAKWL
2	SEVKTA
3	ALR
4	MSKPL
5	ESKELMAW

k 文字の長さの頻出パターンを k -頻出パターンとする($k \geq 1$)。図 1 は、まず最小支持数を満たす 1-頻出パターンを抽出する。5 つの配列のうち、3 本の配列に共通する $\langle A \rangle$ 、 $\langle F \rangle$ 、 $\langle K \rangle$ 、 $\langle L \rangle$ 、 $\langle S \rangle$ が抽出される。次に各 1-頻出パターンから 2-頻出パターンの抽出を行う。例えば、2-頻出パター

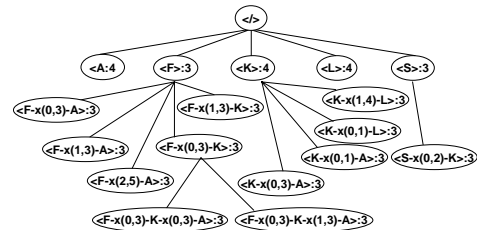


図 1 抽出される頻出パターン

ン $\langle F-x(2,5)-A \rangle$ は、F と A の文字の間に 2 文字から 5 文字までのワイルドカードを許容することを意味し、5 本の配列のうち 3 本の配列 (1, 2, 5 番目) に存在するので、頻出パターンとして抽出される。

3. 分散型ワーカモデルによる並列化

1PC クラスタ上での Modified PrefixSpan 法の並列化は、マスタワーカモデルと分散型ワーカモデルにより行われている。分散型ワーカモデルはマスタワーカモデルに比べ、スケーラビリティがあり、100 台で構成された PC クラスタ上で 1 台での処理に比べ、95 倍の性能向上を得ている。一般的に、分散型ワーカモデルで使用される動的負荷分散方式は *random steal* (RS) である。しかし、RS では Modified PrefixSpan 法の特徴である極端な負荷の偏りに対応できないため、我々はキャッシュ機能を持たせた *cache-based random steal* (CRS)^[2]を既に報告している。CRS を用いることで、PC 間で極端な負荷の偏りが発生しても、RS に比べ通信回数を大幅に削減でき、通信によるオーバヘッドを抑えることができている。

4. PC クラスタ間の動的負荷分散方式

グリッド環境下で Modified PrefixSpan 法を実行すると以下の問題が発生する。

- ・通信遅延の影響による性能低下
- ・PC クラスタ間で極端に負荷が偏る

上記の問題を解決するために、PC クラスタ間の負荷分散モデルとして、3. で述べた分散型ワーカモデルを用いる。分散型ワーカモデルを用いることで、PC クラスタ数の増加に柔軟に対応できる。PC クラスタ間の通信遅延を考慮した動的負荷分散方式として、CRS を改良し、*multicast* を組み込んだ方式 (図 2) である *cache-based multicast steal* (CMS) を提案する。この方式は、全ての PC クラスタにタスクリクエストを送信し、最も早くタスクを受け取ることができた PC クラ

Dynamic Load Balancing for Modified PrefixSpan on Grid Environment using Distributed Worker Model

[†]Makoto TAKAKI · Graduate School of Hiroshima City University

[‡]Keiichi TAMURA · Hiroshima City University

[‡]Hajime KITAKAMI · Hiroshima City University

スタの ID をキャッシュする．CRS と同様，キャッシュ機能を持たせているので極端な負荷の偏りにも対応できる．

CMS の有効性を示すために，CRS と PC クラスタ間の動的負荷分散方式として一般的に用いられている RS，予めネットワーク的な距離を測っておき，最も近い PC クラスタからタスクを受け取る *nearest*，全ての PC クラスタにタスクリクエストを送る *multicast* との比較を行う．

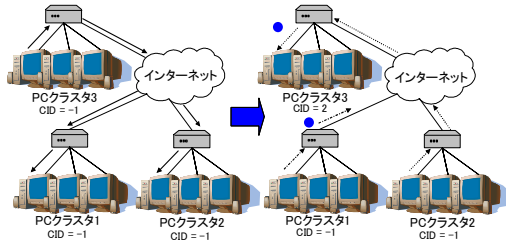


図 2 cache-based multicast steal

5. 評価実験

CRS，CMS，RS，*multicast*，*nearest* をグリッド環境下での Modified PrefixSpan 法の動的負荷分散方式として実装し，評価実験を行った．

5.1. 実験環境

実験には 4 台の PC で構成された PC クラスタを 3 つ使用した．人工的な通信遅延を発生させるために PC クラスタ間に，遅延を発生させる機能を持った PC を配置し，3 つの PC クラスタを接続する．PC の性能は全て同一である．実験に使用した配列データは DDBJ が提供している，Kringle というモチーフを含む配列データ（データ件数：70，総長：23385 byte）を使用した．この配列データに対して，最小支持率 60%，最大ワイルドカード数 4，最大誤差数 3 で評価を行う．

5.2. 実験

通信遅延を，PC クラスタ 1 と PC クラスタ 2 の間が 100ms，PC クラスタ 2 と PC クラスタ 3 の間が 200ms，PC クラスタ 1 と PC クラスタ 3 の間を 100ms から 500ms と 100ms ずつ変化させ実験を行った．図 3 に通信遅延を変化させたときの処理時間を示す．

図 3 より，CMS は他の動的負荷分散方式に比べ，通信遅延が増加しても処理時間の大幅な増加を抑えることができている．CMS の通信回数が少ないことと，負荷の偏りに対応できているからである．*nearest* は通信遅延のみ考慮しているため，負荷の偏りに対応できず，タスクがない PC クラスタに何度もリクエストを出してしまい，遅延による性能低下が著しい．*multicast* は毎回全ての PC クラスタにリクエストを出すので通信回数は抑えられるが，タスクのない PC クラスタへの無駄な通信が発生する．RS はランダムな選択を行うため，大幅な性能低下は見られない

が，遅延が増加するごとに処理時間も増加している．CRS は負荷の偏りに対応できているが遅延に対応できていないため，CMS に比べ処理時間が増加している．

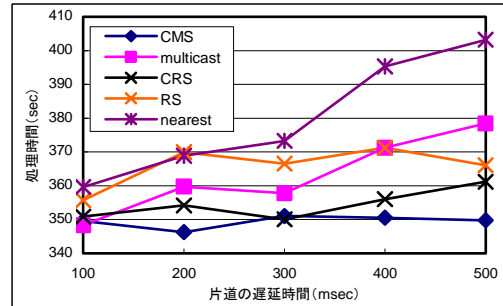


図 3 通信遅延を変化させたときの処理時間

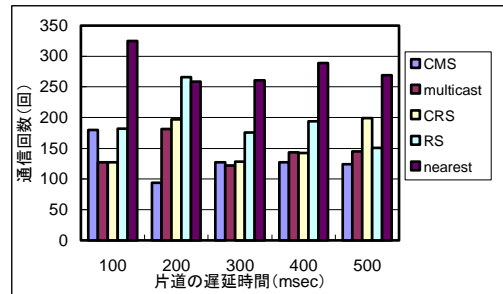


図 4 通信遅延を変化させたときの通信回数

図 4 に各方式での総通信回数を示す．図 4 より，CMS の通信回数が他の方式に比べほとんどの場合少ないことが分かる．*nearest*，*random* では，タスクがない PC クラスタに何度もタスクリクエストを出していることが原因で通信回数が増加している．

6. おわりに

本論文ではグリッド環境下の Modified PrefixSpan 法に適した動的負荷分散方式を提案し，既存の方式と比較を行った．実験の結果，CMS は他の方式に比べ，通信遅延による性能低下を抑えられ，通信回数を削減できた．

今後は実際のグリッド環境下での性能評価，PC クラスタ内の PC の性能を考慮した動的負荷分散方式の開発を行う予定である．

参考文献

- [1] M. TKAKI, K. TAMURA, T. SUTOU and H. KITAKAMI : New Dynamic Load Balancing for Parallel Modified PrefixSpan with Distributed Worker Paradigm, SWOD2005, pp.96-99, Tokyo, Japan, April 4, 2005.
- [2] 周藤，高木，田村，北上：グリッド環境下における Modified PrefixSpan 法の並列処理とその動的負荷分散方式，SACIS2005，pp.161-168，2005 年 5 月．