P2P における効率的な負荷分散方式の提案

塩谷 康夫† 太 田 学‡ 片 山 薫‡ 石 川 博‡
†東京都立大学工学部電子情報工学科‡東京都立大学大学院工学研究科

１．はじめに

P2P ネットワークの応用としてデータマイニングが考えられる[2]。

一般に、P2P ネットワークにおいてデータマイニング処理を行う場合に、隣接するノードに負荷を均一に分散させるよりも、隣接するノードの能力に応じて分散させれば、全体としてより効率的に処理を実行できると期待できる。

本研究では、負荷分散させるための基準になるノードのランクを、隣接するノードのランクから決定する方式を提案する。

２．負荷実行能力を表すランクの定義式

2.1 コンピュータの性能の定量化

ネットワークを構成する各ノードにベンチマーク用のデータをあらかじめ転送しておき、各ノードの処理時間を測定する。得られた処理結果から処理能力を 1 とする動作環境を持つノードのコンピュータの性能を決定する。それ以外の動作環境を持つノードのコンピュータの処理能力は、処理能力 1 の処理時間に対するそのノードの処理時間の比を処理能力とすることで定める。

2.2 負荷実行能力を表すランクの定義式

ネットワーク上のノード i を構成するコンピュータの単体の処理能力を r_{i0} と表し、協調する隣接ノードの処理能力も加味したノード i の負荷実行能力を表すランクを r_i とする。ノード i が隣接するノードから指されているノード数を n_i とおく。また、ノード i が指している隣接ノードの集合を S_i と表す。ノードの負荷実行能力を表すランクを、

$$r_i = \frac{1}{n_i + 1}\left(r_{i0} + \sum_{j \subset S_i} r_j\right)$$

で定義する。この式の分子は、ノード自身のコンピュータの処理能力に、隣接するノードの負荷実行能力を加えたものが、そのノードの全負荷実行能力であることを意味している。また、この式の分母は、そのノードを指している隣接ノード数に 1 を加えたものであり、そのノードにおいて、データマイニング処理を開始し、かつ隣接するノード全てからデータが送られてきた時の、最大で処理するべきデータ数を意味している。このことから、このランクは、データの処理に通常期待できるノードの負荷実行能力を意味している。したがって、このように定義することにより、隣接するノードのコンピュータの使用状況によらず、負荷分散した際のデータマイニングの処理時間を等しい処理時間で行えるようにすることを意図している。

3．負荷分割の方式

処理時間は、計算量と比例関係にあるため、データ量ではなく、計算量に基づいて負荷を分割することで、分割したデータの処理時間を均一にすることができる。そのため、行う処理のデータ量と計算量の関係を表す関数を得る必要がある。ゆえに、分割したデータの計算量の比がランクの比になれば処理時間を均一にできる。よって、得られた関数の逆関数をランクに適用し、それを用いて、データを比例分割することで処理時間を均一にできる。

本研究のシミュレーションの場合、データ量の 2 乗に比例して計算量が増加することが確かめられている。したがって、分割する全データのサイズを f とおくと、ノード i とその隣接ノード k に割り当てるデータ量は、それぞれ以下のように与えられる。

ノード i： $$\frac{\sqrt{r_{i0}}}{\sqrt{r_{i0}} + \sum_{j \subset S_i} \sqrt{r_j}} f$$

隣接ノード k： $$\frac{\sqrt{r_k}}{\sqrt{r_{i0}} + \sum_{j \subset S_i} \sqrt{r_j}} f$$

A Proposal of An Efficient Load Distribution Technique in P2P
Yasuo Shioya†,Manabu Ohta‡,Kaoru Katayama‡,Hiroshi Ishikawa‡
†Electronics and Information Engineering, Faculty of Engineering, Tokyo Metropolitan University
‡Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University

4．シミュレーション

文献[1]、[2]を基にシミュレーション用のプログラムを作成した。

本提案の有効性を確認するために用いたコンピュータの性能を表 1 に示す。シミュレーションには、トランザクション数が 10000 、アイテム数が 50 、平均アイテム長が 5 のトランザクションデータベースを生成し、最小支持度を 1 %、最小確信度を 10 %とした場合のマイニング処理を行った。想定したネットワークは、3 台のコンピュータを図 1 に示すようにツリー構造に接続したものである。各ノードには、表 1 に示した性能のコンピュータが対応する。

4.1 コンピュータのランクの計算

使用した 3 台のコンピュータの処理能力 r_{i0} を定めるために、ベンチマーク用のデータとして、トランザクション数が 1000 の時のローカルラージアイテムセット L の生成の処理を行わせた。この際、他の条件は、上述の条件と同じにしている。その処理結果を表 1 に示す。この時、CPU が、celeron のコンピュータを処理能力の基準としている。

表 1　コンピュータの処理能力 r_{i0}、ノードの負荷実行能力のランク r_i

ノード	CPU の種類と速度		処理時間[s]	r_{i0}	r_i
1	pentium4	1.7GHz	33.6	4.09	5.40
2	celeron	466MHz	137.4	1	0.5
3	MMXpentium	233MHz	84.8	1.62	0.81

4.2 シミュレーション

シミュレーションを行うにあたって、各ノードは、隣接するノードから指されているノード数分だけ、コンピュータの処理能力を制限して使用しているとする。また、ノード 1、2、3 の r_i を表 1 に示し、ノード 1 では、データの分割及び、L の生成、各ノードで得られた L の結合によるアソシエーションルールの抽出の処理を行い、ノード 2、3 は L の生成の処理を行う。

このネットワーク環境について、均等に負荷を分割してデータを分散させた場合と、本提案方式に基づいて、負荷を分割してデータを分散させた場合の処理結果を図 2 に示す。

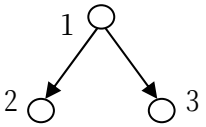

図 1　想定したネットワーク構造

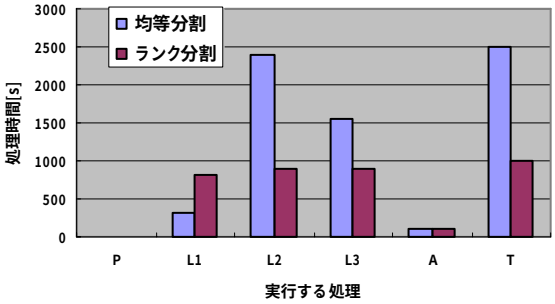

図 2　処理時間の比較

図 2 において、P は、データ分割の処理時間、Li（i=1～3）は、各ノードでの L の生成の処理時間、A は、ノード 1 での各ノードで得られた L の結合によるアソシエーションルールの抽出の処理時間を表している。また、T は P と Li の最大値と A を加えた全体の処理時間を表している。

この処理結果から、ランクに基づいて分割した場合に L の生成時間が均一になる。したがって、Li の最大値が均等に分割した場合（2387.6 秒）よりも、ランクに基づいて分割した場合（896.2 秒）の方が、1491.4 秒減少している。その結果として、全体の処理時間も、均等に分割した場合（2495.4 秒）よりも、ランクに基づいて分割した場合（1004.8 秒）の方が、1491.4 秒減少する。

このことから、均等に分割して処理するよりも、負荷実行能力に基づいて分割して処理する方が、各ノードで L の生成時間が均一化され、全体の処理時間が減少することが確認できた。

5．まとめ

本研究では、各ノードの処理能力に応じて負荷を分散させるための、負荷実行能力のランク付けの方式と負荷分割の方式を提案した。シミュレーションの結果より、均等に分割するよりも、ランクに基づいて分割した方が処理時間を短縮することができ、その有効性が確認できた。今後は、実際のネットワークを想定した実験や、ランク付けにデータ転送時間の影響を考慮した方式の検討を行う予定である。

参考文献

[1] A.Sarasere, E.Omiecinsky, and S.Navathe: An efficient algorithm for mining association rules in large databases. In 21st International Conference on Very Large Databases, Zurich, Switzerland, 1995.

[2]尾身剛史、太田学、片山薫、石川博:P2P による分散データベースマイニング手法の提案,情報処理学会第 65 回全国大会、2003.