

MANET における分散モバイル DB 処理フレームワークのミドルウェア実装および性能評価

松井 愛子 (指導教員: 小口 正人)

1 はじめに

近年、無線通信の技術やモバイル端末の性能の向上に伴い、MANET 環境におけるモバイル DB について多くの研究が行われている [1]。MANET において複数の分散 DB に対してクエリを発行する場合、一般にデータ中継ノードは単に管理ノードまでのデータ転送の中継のみを行い、SQL 処理はデータ管理ノードにおいてまとめて実行される。これに対し本研究においては、データ中継ノードがデータを中継するだけでなく、自身が持つ DB において SQL 処理の一部を実行した後にデータ転送を行うフレームワークを提案する。

MANET における中継ノードの高機能化については、シミュレーション等では議論がなされているが、実環境を用いた研究はあまり行われていない。特に MANET のノードに対して DB 処理実装を行う研究は知られていない。そこで本研究では、MANET 上の分散モバイル DB に適したミドルウェアを実装する。中継ノードの DB 上において、受信したテーブルに対し `select` を行ってから転送したり、自身のテーブルと受信したテーブルの `join` を実行する等、中継ノードの DB における SQL 処理の部分実行を実現し、提案フレームワークと通常フレームワークの性能比較を行うことにより、MANET における中継ノード高機能化について、実アプリケーションと実データを用いて議論を行う。

2 中継ノードの高機能化

一般に複数の分散した DB 間でデータを収集、分配するなどのやりとりをする際、中継ノードは中継データをキャッシュしたり、各ノードが集めてきたテーブルをジョインしてからデータ管理端末に送るなどといったデータのアグリゲートを行うことが可能である。MANET は無線 LAN の一部の区間が断続的に切断してしまうような状況が多く起こると考えられるが、その場合このような形態は極めて有効である。

また、無線 LAN は有線 LAN と異なり、帯域に大きな制約があることから、通信は出来るだけ節約し、中継ノードの機能を出来るだけ高機能化させる事が有効なのではないかと考えられる。

これらのことから、MANET やセンサなどの環境において、中継ノードは上位層における処理を例えば

1. マルチホップ仲介
2. データキャッシュ
3. データアグリゲート

という様に高機能化していくことが望ましいと考えられる。

そこで、本研究では中継ノードに上記のような振舞をさせる通信フレームワークを提案し、それを実現するミドルウェアを実装して、提案フレームワークを用いた場合とマルチホップ通信のみを行う通常フレームワークで処理を行った場合の性能を比較する。

3 中継ノードにおける DB 処理

一般に、マルチホップ通信において中継ノードにアプリケーション層で高度な処理を行わせた場合、アプリケー

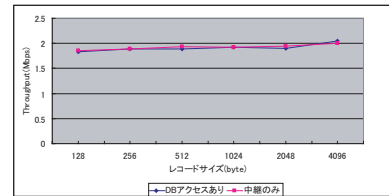


図 1: blocksize に対するスループット

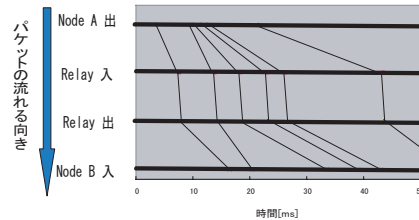


図 2: 中継のみを行った場合のパケットトレース

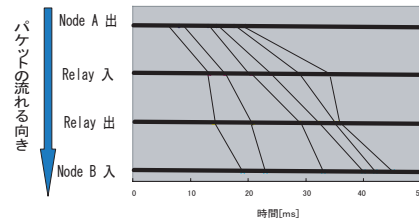


図 3: DB 処理をさせた場合のパケットトレース

ション層までデータを引き上げて実行する処理に時間がかかるため、中継ノードに IP 層で折り返してデータの中継のみをさせる場合よりもスループットが低下することが予想される。そこで本研究ではまず初めに無線 LAN ツーホップ通信環境を構築し、中継ノードにおいて高度な処理をさせた場合と中継のみを行わせた場合とで、スループットや輻輳ウィンドウの振舞、およびパケット転送タイミングを測定しデータ転送性能の比較を行った。各端末にハードディスク (HD) 型 DB を搭載して実験した結果、HD 型 DB の処理の負荷が大きく、スループットやパケット転送タイミングにも影響を及ぼしたが、各端末にインメモリ (IM) 型 DB を搭載して実験した結果、図 1 ~ 図 3、のように IM 型 DB の処理が非常に軽く、パケット転送タイミングやスループットに影響を及ぼさないことが分かり、IM 型 DB を用いた場合に、モバイル DB マルチホップ通信環境における中継ノードの高機能化の有効性を確認した [2]。

そこで、本研究では IM 型 DB を搭載したモバイル DB マルチホップ通信環境における中継ノードの高機能化について検討を行った。次節では、2. 節で提案したフレームワークを実現するミドルウェアを実装し、提案フレームワークと通常フレームワークを用いた場合の各々の性能を比較する。具体的には中継ノードにおいて `select` および `join` の処理を行うような 2 種類のミドルウェアを実装し、性能測定を行った。

4 ミドルウェア実装と性能測定

4.1 ミドルウェア実装と性能評価 1

まず、図 4 に示すマルチホップ通信環境を構築して、モバイル NodeA ~ NodeC のデータ集計ノードが保持する

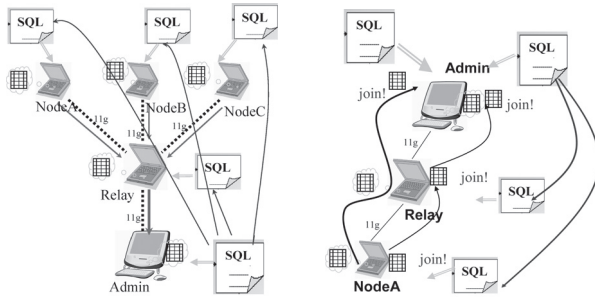


図 4: 実験環境 1

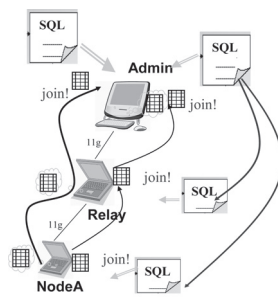


図 5: 実験環境 2

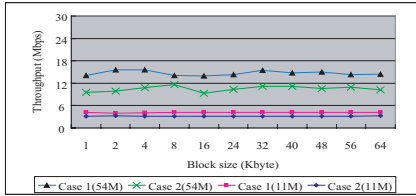


図 6: スループット (レコード数 1/2 の場合)

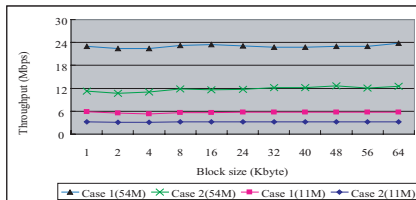


図 7: スループット (レコード数 1/8 の場合)

テーブルに対しデータ管理ノード (Admin) が select のクエリを発して実行結果を得る際に、提案フレームワークと通常フレームワークを用いた場合の各々の性能を比較した (図 6, 図 7). 無線 LAN には IEEE802.11g を用い、11M モードと 54M モードの両方で測定を行った。IM 型 DB には Encirq の DeviceSQL を用いた [3]。

Case1 は提案フレームワークを用いた場合で、NodeA ~ NodeC から集められてきたテーブルが中継ノードにおいてアグリゲートされ、それに対する select の結果が管理ノードに転送される。Case2 は通常フレームワークを用いた場合で、中継ノードは単にデータを中継するのみで、データ管理ノードがデータをアグリゲートし select を実行する。図 6 は select によってレコード数が 1/2 に絞られる場合、図 7 は select によってレコード数が 1/8 に絞られる場合のスループットである。ここでいうスループットは単なる通信速度という意味だけでなく、全体で通信処理されるデータ量を、管理ノードよりクエリが発せられてから実行結果のテーブルが管理ノードの DB に insert されるまでの時間で割ることにより算出した、システム全体のデータベースデータ処理性能を表している。図 6, 図 7 から分かるように、提案フレームワーク (Case1) は本実験環境において通常フレームワーク (Case2) よりも高いスループットを出している [4]。

4.2 ミドルウェア実装と性能評価 2

次に中継ノードにおいて負荷の高い join を実行するミドルウェアを実装し評価を行う。図 5 のようなマルチホップ通信環境を構築して、モバイル NodeA, Relay, Admin が持つ各テーブルに対して join を実行する際に、提案フレームワークでは Relay が NodeA からテーブルを受信した際に自身のテーブルと join をしてからその結果を Admin に転送し (Case1), 通常フレームワークでは NodeA のテーブルも Relay のテーブルも Admin に受信された後にまとめて join が実行される。その際の実行時間の測定結果を図 8 に示す。モバイルノードに適すると思われる小さなテーブルの join を 128k, 256k, 512k, 1024k 回繰り返し行った際の実行時間である。

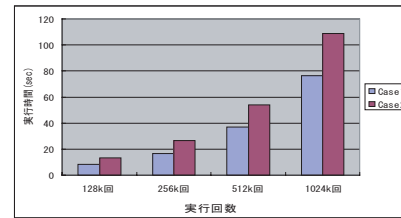


図 8: 実行時間

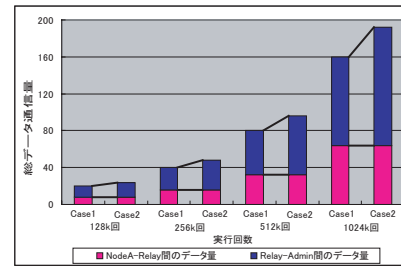


図 9: 総通信データ量

図 9 はその際にシステム全体で転送されたデータ量である。図 9 のように、Case1 では中継ノードで join が実行され、2 つのテーブルが 1 つになり転送データ量が削減されている。また図 8 に示されているように Case1 は Case2 よりも短い時間で全体の処理を行っているが、これは Case2 では Admin でまとめて SQL 処理が実行されるのに対し、Case1 では Relay と Admin において分散して SQL 処理を行っているため、そのような結果になったと考えられる。

5 まとめと今後の課題

本研究ではマルチホップ通信環境におけるモバイル DB 処理において、中継ノードの高機能な処理をするような通信フレームワークを提案し、提案フレームワークを実現する 2 種類のミドルウェアを実装した。また提案フレームワークを用いた場合と通常フレームワークで処理を行った場合について、実アプリケーションと実データを用いて評価を行った。その結果、中継ノードにおいて高度な処理を行うことによって、負荷がかかり処理に時間がかかり性能が低下する可能性も予想されたが、本実験環境において、提案フレームワークは通常フレームワークよりも高い処理性能を示し、提案フレームワークの有効性が確認できた。

今後はより様々なトポロジーや用途を想定し、それらに対するミドルウェアを実装し、性能測定実験を重ねて行く。

参考文献

- [1] Zhiyong Huang, Christian S. Jensen, Hua Lu, Beng Chin Ooi: "Skyline Queries Against Mobile Lightweight Devices in MANETs," The IEEE 22nd International Conference on Data Engineering (ICDE 2006), Atlanta, Georgia, USA, pp.403-413, April 2006.
- [2] 松井 愛子, 神坂 紀久子, 山口 実晴, 小口 正人: "MANETにおけるモバイルDBデータ転送時の中継ノード高機能化", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO 2006) シンポジウム 論文集, pp. 451-459, 2007年7月
- [3] Encirq DeviceSQL: <http://www.encirq.co.jp/products/index.html>
- [4] Aiko Matsui, Kikuko Kamisaka, Saneyasu Yamaguchi, Masato Oguchi: "A Framework for Advanced Data Processing in a Multi-hop Network Environment," IASTED International Conference on Internet and Multimedia Systems and Applications (EuroIMSA 2008), March 2008