

自律ディスクによる広域分散ストレージシステムの 通信およびストレージのオーバーヘッドを考慮した性能評価

藤原 勤[†] 宮崎 純[†] 植村 俊亮[†]

本研究では、自律ディスクを用いた広域分散ストレージシステムと、シミュレーションによるシステムの性能評価について述べる。近年モバイルコンピューティング環境では、様々なモバイルデバイスの利用機会が増え、また扱うデータの種類や容量は格段に増加している。しかし、この環境では利用中のモバイルデバイスに存在しないデータの取得に大きなコストが必要になったり、モバイルデバイスの信頼性に因るデータ損失の危険性があるなどの問題がある。我々は、信頼性の高いディスクがあらゆる場所に存在する、自律ディスクを用いた広域分散ストレージネットワークを提案してきた。この広域分散ストレージシステムでは、必要なデータが利用者から快適にアクセス出来るストレージにいつも存在させ、またデータの多重化を自動的に行うことで快適で安全なデータアクセスを可能にする。さらに、ストレージ間のデータ転送やデータアクセスのオーバーヘッドを考慮してシミュレーションによって関連研究との比較を行い、システムの性能を評価することによって、その有効性を示す。

Performance Evaluation in Consideration of Communication and Storage Overheads for a Widely Distributed Storage System Using Autonomous Disks

TSUTOMU FUJIWARA,[†] JUN MIYAZAKI[†] and SHUNSUKE UEMURA[†]

We evaluate the widely distributed storage system that we have proposed by simulation. Recently, a mobile user can handle a large amount of data because mobile disks are installed on many gadgets. However, data requested by a user are not always on his mobile disk. Even if they are on it, the reliability is low due to the possibility of a disk crash. The proposed system makes use of multiple sets of ECA rules on autonomous disks and chooses an appropriate rule set in response to the changes of system states, so that optimal data accesses can be performed by migrating and/or duplicating the data to other disks. In this paper, we evaluate the performance of our proposed system and compare ours with the related work by simulation.

1. はじめに

近年のモバイルコンピューティング環境では、モバイルデバイス上でより多くの種類や大容量のデータの利用への要求が高くなっている。しかし、モバイルデバイスの利用者が要求するデータが必ずしも利用中のデバイス上に存在するとは限らない。この場合、データを取得するためにデータの転送やネットワークのコネクション確立に大きなコストが必要になる可能性がある。また、データを格納しているサーバ（ストレージ）に多数のアクセスが発生する場合にもデータの取得に大きな時間が必要になる。このように、ネットワー

クを介した遠隔地からデータアクセスはネットワークやストレージへのオーバーヘッドによるデータアクセスの遅延が問題となる。

また、モバイルデバイスでは一般にローカル上のストレージのサイズは小さく、格納できるデータもごく限られたサイズになってしまう。ノートパソコンでは標準的に搭載されている大容量のハードディスクはPDAや携帯電話、デジタルオーディオプレーヤーに搭載されるようになってきているが、まだ一部にとどまっている。そして、モバイルデバイスの損傷によるデータ損失の可能性は、ハードディスクの様な大容量ストレージの搭載によってより高くなってしまっている。これらの問題から、モバイルコンピューティング環境ではより多くのデータに対する快適かつ信頼性の高いデータアクセスの確保が課題になっている。システ

[†] 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
Graduate School of Information Science, Nara Institute
of Science and Technology

ムの運用・管理コストやデータのセキュリティなどの観点から、業務用のクライアントデスクトップ端末などではハードディスクを搭載しないシンクライアントの普及が始まっていて、モバイル端末への応用も期待されている。

これらのモバイル環境における様々な問題は、信頼性の高いディスクがモバイルデバイスから快適にアクセスできる場所に存在し、利用者の求めるデータがそのディスクに存在することで解決する。そこで我々はこれまでの研究において、自律ディスクによる広域ストレージネットワークを提案している¹⁾。この提案では、モバイルデバイスの利用環境の至るところにネットワークによって結ばれた、無線 LAN でアクセス可能なストレージの存在を想定する。このストレージネットワーク上のそれぞれのディスクが能動的に、利用者の必要とするデータを近隣ディスクに転送したり、ネットワーク上でデータの多重化を行う。モバイルデバイスの利用者から快適にアクセスできるストレージ上に利用者の必要とするデータが存在するため、ネットワーク帯域やデータアクセスの遅延を気にすることなく快適なデータアクセスを提供できる。また、複数のストレージ上でデータを多重化することでデータを喪失する危険性も低減する。

本論文では、データ転送時のネットワークとストレージのオーバーヘッドを考慮し、モバイルデバイスの利用者が移動中にネットワークを通じたデータ取得に要する時間をシミュレーションによって測定する。また、関連研究である Coda File System¹⁰⁾ との比較を行うことで本システムの有効性を確かめる。

2. 関連研究

コンテンツを分散させてデータアクセスの高速化を図るものとして Akamai¹¹⁾ のコンテンツデリバリーサービスが知られている。コンテンツはあらかじめ高速ネットワークで接続された世界各地のサーバに分散して保存されており、利用者のアクセス要求に対し最も適切なサーバを選んでそこからコンテンツを提供する。また、加下、西尾らによる放送型データベースは、広帯域の無線によってモバイルデバイスへデータベースを放送することでモバイルデバイスへの情報提供を行う⁸⁾。しかし、これらのシステムは動画や音声などのコンテンツ配信や不特定多数のモバイルデバイスへの情報提供に主眼を置いており、モバイルデバイス利用者が作成したデータを扱うことは出来ない。

遠隔地でのデータアクセスの利便性の向上を目指す研究として、WebDAV⁹⁾ が挙げられる。WebDAV は

HTTP を拡張し、クライアントからサーバ上のデータを管理できるようにしている。これはデータアクセス際にマスターデータの保存されている特定のサーバへの接続が必要になり、またサーバの位置が決まっているため、利用者との物理的な距離やネットワークの状況によっては快適なデータアクセスは保障されない。

データ利用する際にローカルへのデータ移動を伴うものに、原らによる分散データベースに関する研究がある⁷⁾。これは、データベースのトランザクション処理の際に広帯域ネットワークを利用してデータベース自体を移動させ、その後のトランザクション処理はローカルで行う。これによって、通信回数の多くなってしまような複雑な処理では、処理時間の大幅な短縮を実現している。ただし、これはデータベースのトランザクション処理の高速化を目的にしており、モバイルデバイスで一般に利用されるデータを扱うことは出来ない。

遠隔ネットワークへのファイルアクセスを実現するシステムに Wide Area File Services (WAFS)¹²⁾ がある。既存のネットワークに専用の機器を追加し、ネットワーク間の通信を仲介する事で高速なデータアクセスを実現する。機器間ではデータのキャッシングや通信の最適化が行われ、遠隔ネットワークでの通信の遅延の解消が図られている。

Coda File System¹⁰⁾ (CFS) は WAFS と同様、遠隔でのファイルアクセスにキャッシュを利用する分散ファイルシステムである。Coda File System の大きな特徴としては、オリジナルデータの存在する Coda サーバ上のファイルシステムのキャッシュをローカルデバイス上に保持することが挙げられる。これによってモバイルコンピュータなどでネットワークへの接続が切断されているときでも、ローカルのキャッシュされているファイルへアクセスすることでデータの利用を可能にする。複数の利用者によって共有されている Coda サーバ上で、利用者によってあるデータが更新されると、その情報は他の全てのクライアントに通知され、それぞれのローカルのキャッシュは破棄される。もし、アクセスしたファイルがローカルのキャッシュに存在しない場合は Coda サーバ上からデータを手入れしなければならないため、データアクセスの性能低下を招く可能性がある。

Coda File System も WAFS もローカルデバイスにキャッシュを保存することで通信の利便性の向上を目指している。我々の提案するシステムではローカルだけではなく、広域のストレージネットワーク上にデータを保存することでより安全で快適なデータアクセス

の実現を目指す。5節でモバイルコンピューティング環境での利用を考慮した我々のシステムと Coda File System との性能比較をシミュレーションによって行う。5節でモバイルコンピューティング環境での利用を考慮した我々のシステムと Coda File System との性能比較をシミュレーションによって行う。

3. 自律ディスク

現在の代表的なストレージデバイスであるハードディスクドライブにはディスク及びデータの入出力制御のためのコントローラとして小さなプロセッサとメモリが内蔵されている。Patterson らによる IDISK³⁾ や Acharya らによる Active Disk⁴⁾ では、ディスクはより高性能なプロセッサやメモリを持つと想定しディスク上のプロセッサでアプリケーションを実行する高機能ディスクを提案している。

横田は、これらの高機能ディスクを発展させた自律ディスクを提案している⁵⁾。この研究では、自律ディスクへの ECA (Event-Condition-Action) ルールと呼ばれるアクティブルールの採用が提案されている。システムの設計者はルール変更によってシステムの目的にあう機能を持った自律ディスクを利用できる。また、データの分散、アクセスの偏り制御、同時実行制御、耐障害性、障害回復等の様々な機能を持つ自律ディスククラスタを可能にするルール集合も提案されている。

我々の研究では、この自律ディスククラスタを広域のネットワークに適用し、ECA ルールによってネットワーク上でデータの転送や多重化を実現する。自律ディスクの採用によって、格納されているデータの性質に応じた高度な処理が可能となり、また安価なシステム構築が可能になる。

4. 自律ディスクを利用した広域分散ストレージシステム

モバイルコンピューティング環境ではモバイルデバイスの性質上、利用者の求めるデータが手近なデバイス上ではなく遠隔地のサーバに存在する場合がある。しかし、遠隔でのデータアクセスは十分なネットワーク帯域が確保されるとは限らず、またアクセスの遅延が大きくなるなど必ずしも快適にデータを利用できるわけではない。また、モバイルデバイスの障害により利用中のデータを喪失する可能性もある。

これらの問題を解決するために、我々は無線 LAN によるアクセスが可能な安全性の高い大容量ストレージがモバイルデバイスの利用が想定される様々なところ

ろに存在する、広域分散ストレージネットワークを提案してきた¹⁾²⁾。モバイルデバイスの利用者はそれらのストレージ上のデータを、無線 LAN を通して利用出来る。また、モバイルデバイスの移動と共に、利用者のデータはモバイルデバイスから快適にアクセス可能なストレージに自動的に移動する。データアクセスは必ず利用者から快適にアクセス可能なストレージへ行われるため、遠隔のデータアクセスに比べ特定のストレージへのアクセスの集中を回避し、またネットワークの帯域は確保される。

この広域分散ストレージシステムでは、利用者に必要な最新のデータへのアクセスは特定のサーバの存在に依存することなく常に近隣のストレージと通信を行う。このため、WebDAV のように特定のサーバとの距離に縛られることなく快適なデータアクセスが可能になる。この分散ストレージに対してあらかじめデータを配信しておくことで、Akamai のようなコンテンツ配信も可能である。

本システムにおけるモバイルデバイスは、十分なサイズのデータを格納できるハードディスクドライブを搭載するものとそうでないものが想定される。ハードディスクが搭載されないモバイルデバイスでは、ローカルに保存できるデータはごく限られたサイズになる。このような場合でも、モバイルデバイスのローカルに格納しきれないデータを無線 LAN で接続されている近隣ストレージへ退避させそれを利用することで、ローカルで格納できる以上のサイズのデータをモバイルデバイスから利用可能になる。また、モバイルデバイスの障害によってデータを喪失する可能性が常にあり、特にハードディスクを搭載するモバイルデバイスではその危険性はより高くなってしまふ。この場合も、安全性の高いストレージ間で最新のデータをバックアップすることによって、データの安全性も確保される。これにより、モバイルデバイス利用者へより快適で安全なデータアクセスを提供できる。

4.1 システムを構成するストレージ

図 1 に我々のシステムの全体図を示す。

我々のシステムは、モバイルデバイスを含め三種類のストレージによって構成されている。このストレージネットワーク上で自律的に利用者のデータを多重化や転送することで、利用者が快適で安全にデータを利用できる環境を実現する。

ステーションストレージ ステーションストレージは、例えば鉄道の駅、空港、ショッピングセンターなどのモバイルデバイスが利用される様々な場所に設置される。無線 LAN の基地局としての機

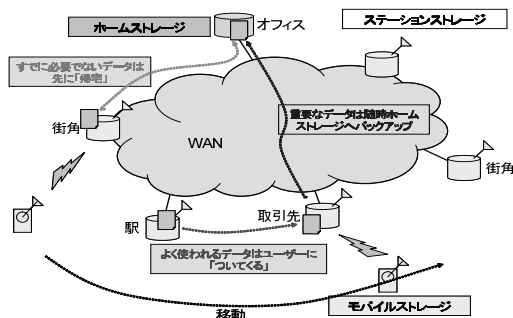


図1 広域分散ストレージシステムの全体図

能を持ち、モバイルデバイスへインターネットへの接続とステーションストレージのストレージスペースを提供にする。ステーションストレージやホームストレージ（後述）は Wide Area Network (WAN) によって互いに接続されている。このストレージは我々の広域分散ストレージシステムの中で中心的な役割を果たす。

ステーションストレージの主な機能として、上述した利用者の移動に追従するようにステーションストレージ間でデータを転送することが挙げられる。モバイルデバイスで利用されている最新のデータは、必要に応じてそれぞれのステーションストレージによってストレージ間で自動的に転送される。また、ハードディスクを搭載しないモバイルデバイスに対して、ローカルのリソースを有効に活用するためにストレージスペースを提供する。そして、ストレージネットワーク上のデータの多重化させることでデータの安全性を高めることもできる。

このストレージは無線 LAN のアクセスポイントとしての役割も持つので、接続する多くのモバイルデバイスからのアクセスによって非常に大きい負荷が発生する可能性がある。そのため、ステーションストレージの設置場所によっては非常に高い処理能力が要求され、その場所の状況に応じたシステムを構成する必要がある。提案システムでは、自律ディスクを用いることで、高い処理能力を持つストレージクラスを安価なコストで構成することができる。また、クラスターの構成を容易に変更できるため、ステーションストレージの設置場所の状況に合わせた柔軟なストレージクラスを構成できる。

ホームストレージ ホームストレージは、モバイルデバイスで利用されているデータのオリジナルが格納されるストレージである。このストレージはモ

バイルデバイス1つごとに必ず1つ以上存在し、モバイルデバイスの利用者の行動の拠点となる場所に設置される。ホームストレージの重要な機能はデータの最終的なバックアップであり、ステーションストレージからバックアップとして送信されてきたデータを格納する。もう1つの重要な機能はデータ配信で、モバイルデバイスの近隣のステーションストレージに利用者が必要とするデータを配信する。また、ホームストレージ上のデータは他の利用者とは共有されていることも考えられる。この場合、他の利用者によって更新されたデータは、直ちにそのデータを利用中のモバイルデバイスの近隣のステーションストレージへ配信される。

モバイルストレージ (モバイルデバイス) モバイルストレージは利用者の持つモバイルデバイスそのものだが、モバイルデバイスの形態によってハードディスクの様な大きなストレージを持つ場合とそうで無い場合がある。無線 LAN によってステーションストレージに接続し、ネットワークへのアクセスとステーションストレージ上のデータを利用できる。ハードディスクを持つモバイルデバイスの場合はローカルで多くのデータを格納できるが、データを喪失する危険性はより高くなる。この場合、無線 LAN で接続中のステーションストレージとの間でデータの多重化を行うことで、その危険性を軽減できる。また、ステーションストレージから提供されるストレージスペースを利用することで、ローカルに十分なサイズの格納スペースを持たなくともローカルのリソース以上の多くのデータを利用できる。

利用者はステーションストレージに格納されたデータをネットワークを通して利用できるが、移動によって利用したいデータと利用者の距離が遠く離れてしまった場合、快適なデータアクセスが損なわれてしまう可能性がある。その場合、モバイルデバイスから最も近隣のステーションストレージへデータを転送することによって、快適なデータアクセスが保つ事が出来る。また、その時に各データの利用状況を分析し、利用頻度の高いデータから先に転送を行うことで、モバイルデバイスの移動に伴う無駄なデータ転送を防ぐ事が出来る。

5. 性能評価

本節では、ネットワークとストレージのオーバーヘッドを考慮したシミュレーションによってモバイルデバ

イスのネットワークを通じたデータ取得に要する時間を測定する。それによって我々のシステムと Coda File System との性能比較を行い、システムの有効性について検証する。

このシミュレーションでは、モバイルデバイスの利用者が無線 LAN アクセスポイント（ステーションストレージ）が存在するフィールド上を移動しながらネットワークを通してデータへのアクセスを要求し、実際にデータを取得するまでの時間を測定した。

このシミュレーションにおける利用者はモバイルデバイスを利用しながら移動しているものとする。オリジナルデータが格納されているホームストレージ（Coda の場合は Coda サーバ）上のデータは他のシステムの利用者によって共有されており、彼らによって約 60 秒間隔で更新されている。

我々のシステムにおけるモバイルデバイスは、ローカルに大きなサイズのハードディスクを持たないモバイルデバイスを想定する。よって、利用するデータはすべて無線 LAN を通じて接続中のステーションストレージに格納され、そこからデータを取得する。我々のシステムでは、モバイルデバイスの移動に伴うステーションストレージ間のデータ移動は、モバイルデバイスやネットワークの状況から、データ移動を行うかをストレージが自律的に判断する。しかし、ここではデータ移動が発生した時の影響を最大に見積もるために、ステーションストレージ間のデータ移動は必ず全て行われるものとする。また、モバイルデバイスからアクセスされる全てのデータに対するアクセス確率は等しいとする。よって、ステーションストレージへ 50 % が送信されれば、モバイルデバイスから目的のデータへアクセス可能であるとみなす。また、ホームストレージ上で更新された最新のデータはモバイルデバイスに近い（無線 LAN で接続されていた）ステーションストレージへ随時配信され、モバイルデバイスから利用できる。

Coda File System では、ステーションストレージは単なる無線 LAN アクセスポイントとして扱う。同様に、ホームストレージは Coda File System の Coda サーバとして扱う。Coda File System ではローカル上にファイルシステムのキャッシュを保持する必要があるため、利用するモバイルデバイスはキャッシュを格納できる十分な大きさのストレージを搭載しているものとする。モバイルデバイスが無線 LAN に接続中、ローカルのキャッシュに存在しない、または Coda サーバ上ですでに更新されているデータへのアクセスを要求したときには Coda サーバからネットワークを介し

てデータを取得する。

5.1 パラメータ

モバイルデバイスの利用者のデータは同サイズの 100 個のデータから構成される。実験により、データ 1 個あたりのサイズは 100KB~1MB とする。ただし、所持するデータの全てを同時に利用することは少ないと考えられるので、平均 60 秒間隔でデータ 1 個への取得要求があるものとする。そのデータ要求の間隔はポアソン分布に従って変動する。また、ホームストレージ（Coda サーバ）上では、データは他の利用者によって一定間隔でデータの更新が行われている。

モバイルデバイスの利用者は徒歩での移動を仮定し（最大 3m/s）、移動モデルは直線的な Random Direction Model⁶⁾を採用した。9 台のステーションストレージ（無線 LAN アクセスポイント）は、正方形のフィールド内で格子状（3 × 3）に均等配置した。

無線 LAN アクセスポイントの電波の有効範囲は半径 200m とする。無線 LAN のスループットはアクセスポイントとの距離にほぼ比例して低下すると想定し、IEEE 802.11b/g¹³⁾¹⁴⁾ の仕様に従って段階的に通信速度が低下していく。ステーションストレージ間、及びステーションストレージ-ホームストレージ間のネットワーク帯域は、FTTH（Fibre To The Home）環境での帯域を想定した¹⁶⁾。そして、各ストレージ間及び無線 LAN アクセスポイント-モバイルデバイス間における通信のコネクション確立に要する時間は 1 秒とした。各ストレージの性能は Seagate 社製「Momentus 5400.2 ST9808211A」の仕様を使用している¹⁵⁾。

これらのパラメータのうち、利用者 1 人あたりのデータサイズと利用者の数（モバイルデバイス数）を変動させてモバイルデバイスの利用者がデータを要求してから実際に取得するまでの時間を計測した。

以下に、シミュレーションにおけるパラメータをまとめると。

全般：

- シミュレーション時間：120 分
- フィールドの大きさ：1500m × 1500m
- ストレージ I/O 速度：100MB/sec
- 連続転送速度：38MB/sec
- 平均待ち時間：5.6msec
- 平均シーク時間：12.5msec

ステーションストレージ（無線 LAN アクセスポイント）：

- ステーションストレージ：9 台
- 無線 LAN の規格：IEEE 802.11b/g
- 無線 LAN の有効範囲：半径 200m

モバイルデバイス :

- モバイルデバイス数 : 50~100 台
- 移動速度 : 最大 3m/s
- データ個数 : 100 個
- データ 1 個のサイズ : 100KB~1MB
- 総データサイズ : 10~100MB
- データの平均要求間隔 : 60 秒

ホームストレージ (Coda サーバ) :

- ホームストレージ : モバイルデバイス 1 つごとに 1 台
- データ 1 個が更新される間隔 : 60 秒

ネットワーク帯域 :

- 任意の 2 つのステーションストレージ間 : 15Mbps
- ステーションストレージ-ホームストレージ間 : 15Mbps
- 無線 LAN の帯域 : 54/48/36/24/18/12/11/9/6/5.5/2/ 選したり, よく利用するデータから先に送信することでデータ移動の待ち時間を短縮することができる。

5.2 シミュレーションによる比較

5.2.1 実験 1 : データサイズの変化による比較

この実験では, モバイルデバイスを 50 台とし, 利用者 1 人あたりの総データサイズを 10~100MB (データ 1 個 100KB × 100 個~1MB × 100 個) で変動させた場合のデータ取得に要する時間の比較を行う。モバイルデバイスのデータ取得の平均時間を図 2 に示す。

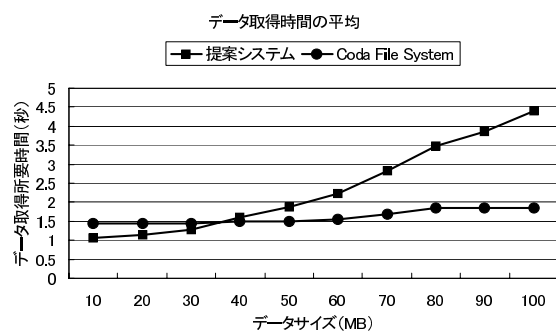


図 2 データサイズの変化による比較

図 2 の通り, 我々のシステムと Coda File System は共にデータサイズが大きくなるに従ってデータの取得時間が長くなっているが, 我々のシステムの方がその影響は大きくなっている。Coda File System では要求するデータが Coda サーバ上で更新されるなどでローカルのキャッシュにデータが存在しなかった場合, 要求するデータ 1 個を Coda サーバから取得する。Coda File System の場合は 1 回のアクセスで要求されるデータは 1 個だけになるため, ストレージ

のオーバーヘッドやデータ転送時間の影響は少なく, ネットワークのコネクションの確立がデータ取得時間に影響していると考えられる。しかし, 我々のシステムではモバイルデバイスの移動に伴い, ステーションストレージ間で全データの移動が発生するため, データ移動の待ち時間が発生していると考えられる。我々のシステムではステーションストレージ間のデータ移動はそのネットワークの状況から判断される。この実験ではデータ移動の発生による影響を最大にするため, 必ずステーションストレージ間のデータ移動を行うようにしている。前節で述べた通り, ネットワークの状況を考慮してステーションストレージ間のデータ移動を行うか判断することで余計なデータ移動の発生によるデータ転送待ち時間を軽減できると考える。また, データの利用情報を分析し, 移動するデータを厳

5.2.2 実験 2 : モバイルデバイス数の変化による比較

この実験では, 利用者 1 人あたりの総データサイズを 10MB (データ 1 個 100KB × 100 個) または 100MB (データ 1 個 1MB × 100 個) とし, モバイルデバイス数を 10 台~100 台で変動させてデータ取得に要する時間の比較を行う。

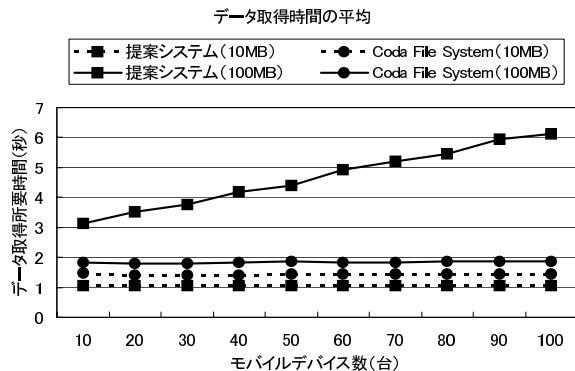


図 3 モバイルデバイス数の変化による比較

図 3 から, 利用者のデータの総サイズが 10MB の場合には我々のシステムの方が Coda File System よりも早くデータを取得できるのと共に, どちらもモバイルデバイスの台数による影響が少なくなっている。一方, 100MB の場合には Coda File System はデータ取得時間はほぼ一定に推移しているのに対し, 提案システムではデータサイズの影響を大きく受ける事が分かった。これは, 実験 1 のときと同じく Coda

File System では1回のアクセスでは1個のデータしか転送しないのに対し、提案システムでのモバイルデバイスに移動に伴って発生するステーションストレージ間で全データの移動が発生し、ストレージやネットワークのオーバーヘッドが取得時間に影響しているものと考えられる。しかし、利用者の総データサイズが10MBのように十分に小さい場合には、提案システムでのデータ取得所要時間はモバイルデバイスの台数からの影響は小さい事が分かった。

我々の提案システムと Coda File System のそれぞれのネットワーク内でのトラフィックを図4に示す。提案システムでは、モバイルデバイス数が10台で総データサイズが10MBと100MBの場合、及びモバイルデバイス数が100台で総データサイズが10MBの場合の1分ごとの平均トラフィックの推移を表す。Coda File System では、モバイルデバイス数が10台で総データサイズが100MBの場合の1分ごとの平均トラフィックの推移を表す。また、表1にそれぞれの場合でシミュレーション時間全体の平均トラフィックを示す。

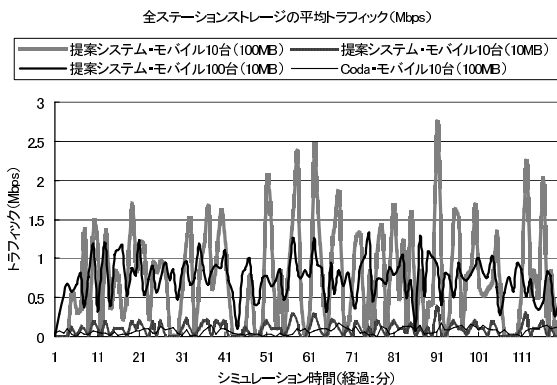


図4 全ステーションストレージの平均トラフィックの推移

モバイルデバイスが10台で1人あたりのデータサイズが100MBの場合と、モバイルデバイスが100台で1人あたりのデータサイズが10MBの場合、ネットワーク上に存在するデータの総量は同じである。モバイルデバイスが10台でデータサイズが10MBの場合との比較から、モバイルデバイスの移動に伴って発生するトラフィックはモバイルデバイス数または1人あたりの総データサイズにほぼ比例することが分かった(表1)。ただし、データ取得に要した時間は、データサイズが10倍(10MB→100MB)になった場合は1.04秒→3.12秒と大きく変化しているのに対し、

	平均トラフィック	ネットワーク内の総データ量
提案システム		
モバイルデバイス 10 台 (データサイズ 10MB)	0.081 Mbps	100MB
モバイルデバイス 10 台 (データサイズ 100MB)	0.725 Mbps	1000MB
モバイルデバイス 100 台 (データサイズ 10MB)	0.741 Mbps	1000MB
Coda File System		
モバイルデバイス 10 台 (データサイズ 100MB)	0.070 Mbps	1000MB

表1 全ステーションストレージの平均トラフィック

モバイルデバイス数が10倍(10台→100台)になった場合は1.04秒→1.06秒の変化となっている(図2, 3)。これらのことから、提案システムにおいては利用者1人あたりのデータサイズをある程度制限することで、システムの利用人数を増加させてもデータ取得に要する時間を保てる事が分かった。

また、Coda File System との比較した場合、ネットワーク内に存在するデータの総量が同じ場合はトラフィックは約10倍になる事が分かった。しかし、今回の実験では、我々の提案システムにおけるモバイルデバイスはローカルにキャッシュを保持しないにもかかわらず、データ取得に関して高い性能を持つことが分かった。

提案システムでは利用者の移動に伴い、利用者のデータも全て移動すると想定している。利用者のデータサイズが大きくなる場合、ステーションストレージ上で余計なオーバーヘッドが発生し、またデータ転送の待ち時間が発生していると考えられる。4.1節で述べたとおり、データの利用状況を分析し、移動させるデータを厳選することでデバイスの移動に伴うネットワークやストレージのオーバーヘッドの節減出来る。

6. まとめと今後の課題

本論文での実験により、提案システムでは利用者1人あたりのデータサイズが大きい場合、ネットワークやストレージのオーバーヘッドの発生によりデータ取得所要時間に大きく影響することが分かった。しかしデータサイズが十分に小さければ、モバイルデバイス数が増加してもデータ取得に関して十分な性能を持つことが分かった。

本論文におけるシミュレーションでは、ホームストレージ及びステーションストレージ間のネットワークは全て15Mbpsと想定している。しかし、利用者がホームストレージ(Codaサーバ)から遠く離れるほど、利用できるネットワークの帯域が狭くなりコネク

ションの確立にも時間を要すると想定される。Coda File System の場合はローカルキャッシュが存在しなければ Coda サーバからデータを取得する必要がある、性能の低下が考えられる。このような様々なネットワークの構成も含め検討していきたい。

また、提案システムにおけるモバイルデバイスをディスクレスではなく、十分なサイズのストレージと Coda File System のようなデータキャッシュが利用できる場合も検討していきたい。

謝 辞

本研究の一部は、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業 (CREST) 「情報社会を支える新しい高性能情報処理技術」プログラムならびに情報ストレージ推進機構 (SRC) の支援により行なわれた。

参 考 文 献

- 1) 藤原勤, 宮崎純, 植村俊亮: “自律ディスクによる広域分散ストレージのデータ移動制御方式”, 情報処理学会研究報告, Vol.2005, No.6, pp.79-86, 2005-DBS-135-12, 情報処理学会, 2005 年 1 月.
- 2) 藤原勤, 宮崎純, 植村俊亮: “自律ディスクによる広域分散ストレージの静的な性能解析”, 情報処理学会研究報告/電子情報通信学会技術研究報告, Vol.2005, No.68, 2005-DBS-137(II)-75, pp.561-568/Vol.105, No.172, DE2005-104, pp.227-232, 情報処理学会/電子情報通信学会, 2005 年 7 月.
- 3) Kimberly Keeton, David A. Patterson, and Joseph M. Hellerstein. “A Case for Intelligent Disks(IDISks)”. SIGMOD Record, 27(3):42-52, Sep. 1998.
- 4) Anurag Acharya, Mustafa Uysal, and Joel Saltz. “Active Disks: Programming Model, Algorithms and Evaluation,” in Proc. 8th Int. Conf. on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems (ASPLOS-VIII), Oct. 1998.
- 5) Haruo Yokota, “Autonomous Disks for Advanced Database Applications”, in Proc. of 1999 International Symposium on Database Applications in Non-Traditional Environments (DANTE'99), pp.441-448, 1999.11
- 6) Tracy Camp, Jeff Boleng, Vanessa Davies, “A Survey of Mobility Models for Ad Hoc Network Research”, Wireless Communications and Mobile Computing (WCMC) : Special issue on Mobile Ad Hoc Networking - Research, Trends and Applications, vol.2, no.5, pp.483-502, 2002.
- 7) Takahiro Hara, Kaname Harumoto, Masahiko Tsukamoto, and Shojiro Nishio: “Database Migration: A New Architecture for Transaction Processing in Broadband Networks”, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol.10, No.5, pp.839-854, Sept/Oct. 1998).
- 8) 加下雅一, 寺田 努, 原 隆浩, 塚本昌彦, 西尾章治郎, “データベース放送システムのためのサーバと移動型クライアントによる協調型問合せ処理方式,” 情報処理学会論文誌:データベース, Vol. 44, No. SIG8(TOD18), pp. 92-104, June. 2003.
- 9) WebDAV Resources
<http://www.webdav.org/>
(2006 年 6 月 15 日 URL 確認)
- 10) Peter J. Braam, “The Coda Distributed File System”, Linux Journal, June, 1998
- 11) Akamai
<http://www.akamai.com/>
(2006 年 6 月 15 日 URL 確認)
- 12) Wide Area File Services
<http://www.cisco.com/en/US/products/ps5981/>
(2006 年 6 月 15 日 URL 確認)
- 13) IEEE Std 802.11b-1999 (Supplement to ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 Edition), “Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) specifications : Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band”, 2003
- 14) IEEE Std 802.11g-2003 (Amendment to IEEE Std 802.11, 1999 Edition), “Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment 4: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band”, 2003
- 15) Seagate ハードディスクドライブ製品仕様 Momentus 5400.2 シリーズ “ST9808211A”
http://www.seagate.com/docs/pdf/datasheet/disc/ds_momentus5400.2.pdf
(2006 年 6 月 15 日 URL 確認)
- 16) NTT Resonant Inc., Mitsubishi Research Institute, “第 3 回 FTTH ユーザの利用実態調査”, 2004
<http://research.goo.ne.jp/Result/0401cl27/01.html>
(2006 年 6 月 15 日 URL 確認)