

パーソナルストレージサービス提供方法

水谷 昌彦[†] 池田 博樹^{††}

大容量化する情報をネットワークを介して効率的に活用することを目的とし、ネットワーク上にストレージ機能を取り込んだ新規ネットワークアーキテクチャを提案する。情報の利用シーンの拡大と共に、ストレージシステムとネットワークとを連携する機能の重要性が増している。本提案では特に、利用者が拠点を移動しながら随時必要な情報へアクセスする状況を想定している。ユーザプレゼンス情報およびデータの属性情報に基づいて必要なコンテンツを利用者の移動先近くへ予め配置することにより、情報への高効率なアクセスを実現する。本提案の方式及び提案するプロトコルの動作について、ネットワークモデルを仮定して効率性とスケーラビリティを検討し、ユーザの移動が頻発する場合及びネットワーク規模が拡大した場合の有効性を確認した。

Personal Storage System

MASAHIKO MIZUTANI[†] and HIROKI IKEDA^{††}

We propose network architecture for a personal storage service, which realizes efficient storage access under mobile-access environment. With the advent of multiple kinds of access method to information and increase of users, high volume of network traffic should be processed and transferred efficiently. By processing data in storage and network system dependently, the efficiency of data transfer can be improved. The personal storage service provides efficient data access by transmitting the data to the nearest storage to a user. The nearest storage is decided with presence information of the user and attributes information of the data. In this paper, a basic model for the personal storage system is described and scalability of the system is evaluated.

1. 背景

アクセス網のブロードバンド化と共に情報のデジタル化が進展し、映像や音声などマルチメディアデータを、ネットワークを介して利用する機会が増えている。ネットワークサービスにおいては、キャリアやISPにより、一般の通信網と切り離れたコンテンツ配信専用網が構築され、有料のコンテンツ配信ビジネスが開始された¹⁾。また、放送局はじめとするコンテンツ提供者もネットワークを介したオンデマンドの情報配信サービスに注目しており²⁾、この傾向はさらに拡大することが予想される。これら大容量データをネットワーク上で扱う際には、データ量の大きさに伴う転送制御の難しさが問題となる。大容量データを配信する場合に問題となるのは、データフローの重なりとそれに伴うパーストの発生である。従来技術においては、TCPを用いたパケット転送制御を利用しているが、これはトラフィックがパースト性を持つような大容量コンテンツの転送を想定したものではない。トラフィックの輻輳に伴うデータの配信遅延は、ネットワーク装置への負荷増大と、コンテンツの利用効率の観点から、大きな問題となる。現在、ネットワーク上で利用さ

れるコンテンツは、リアルタイム性の必要なものと大容量であるが転送時間の制限がそれほど厳しくないものとの二種類に分類される。ネットワークの輻輳を回避するには、リアルタイム系コンテンツを高効率で転送し、同時に重要データを確実に転送する、コンテンツの性質を活かした配信制御を行うことが必要である。

ユーザへの配信を効率的に行うため、アクセス網では、多数のユーザを収容すること、及びユーザごとに異なるサービスの利用状況に対応することが必要となる。現在のコンテンツ配信網では、キャッシュサーバをユーザに近い位置に備えておくことにより、コンテンツ自体を移動して配信距離を短縮する方式が一般的である。これは、ユーザプロファイルやコンテンツサーバの負荷、またネットワーク利用状況の変化に応じてユーザのリクエストに回答するサーバを切り替えるリクエスト・ルーティング方式、及びサーバ負荷分散装置と共に、現在コンテンツ配信プラットフォームにおいて不可欠な機能である。アクセス網にキャッシュを設置することにより、ユーザのアクセス効率は5-7割程度改善されることが実験的に示されている³⁾。

これらの方法はサーバから不特定多数のユーザがコンテンツを入手する場合に有効な方法である。今後はネットワークのブロードバンド化とネットワーク上で映像等を用いた様々な形のコミュニケーションが発達することが予測され、ネットワークを通じた個人データへのアク

[†] (株)日立製作所 中央研究所
Hitachi, Ltd., Central Research Laboratory

^{††} (株)日立製作所 研究開発本部
Hitachi, Ltd., Research & Development Group

セスや、特定コミュニティ内での情報共有などの利用法が一般的になると考えられる。このとき、キャッシュシステムでは一方向の通信に対しての効果しか期待できない。またコンテンツを管理するという側面からのアプローチが少ないことも課題として挙げられる。

ネットワーク上での情報の活用法にも変化が見られる。従来ネットワーク上で利用されてきたメール及びファイル転送と、現在利用されているネットワークサービス及び Web サービスをはじめとする情報配信サービスでは、ネットワークに要求される条件が大きく異なる。従来は情報の利用に際して配信時のリアルタイム性は問題にならなかったが、現在マルチキャストを用いた情報配信など、ネットワークを介したリアルタイムの情報共有や、オンデマンド型の情報利用に対する要求が高まっている。無線ネットワークの発達及びモバイル IP の研究が進むにつれて、移動体ネットワークの利用が広がり、業務・プライベートの様々な状況において、携帯型端末の活用は不可欠なものとなってきている。前述のように情報のオンライン化が進展することで、今後移動先あるいは移動中における情報へのアクセス手段の必要性がより高まることが予測される。

モバイル端末は、通常、その携帯性が重視されることから、固定型の端末のように大容量ハードディスクを装備することは難しい。現在小型大容量のハードディスクが開発されつつあるが、RAID 装置のように業務データを全て保存することは不可能であるため、大型データセンタとの連携機能が必要である。また、携帯端末を利用する場合に問題となるのは、情報の漏洩である。インターネットカフェなどで問題となっているように、共通端末を用いてネットワークを利用する場合に、端末に残した接続情報から重要情報が外部へ漏れる可能性があり、各個人の所有する携帯端末での情報アクセスをサポートする手段が求められる。一方で、小型・軽量の携帯端末では、その盗難もしくは破損によって端末に記憶されていたデータそのものが失われる可能性も考えられる。以上から、今後のネットワークサービスにおいては、ユーザが拠点を頻繁に移動する状況を想定したコミュニケーション基盤および情報取得のプラットフォームを確立すること、またユーザごと、サービスごとに異なる品質要求を考慮したネットワーク制御を行うことが必要である。さらには情報量の増加に伴い、蓄積された情報を効率的に活用する方法が検討されている。ネットワーク上での情報蓄積・管理を実現するため、ストレージとネットワークを連携する制御手段が必要である。

本稿では、ネットワーク上の情報量の拡大に注目し、大容量データを移動先でも通常業務と同様に利用するためのプラットフォームとして、ストレージ機能を利用したネットワーク構築方法を提案する。本方式では、ユーザのプレゼンス情報、データの利用状況、コンテンツのもつ様々な属性をネットワーク及びストレージの制御に活用し、ユーザが必要とする情報を効率的に利用できる環

境を提供する。以下、提案するサービスを「パーソナルストレージサービス」と呼び、その実現のための基本モデルにつき議論する。

2. パーソナルストレージシステム

2.1 ストレージとネットワークの連携

情報の大容量化に伴い、ストレージに蓄積されるデータが増加し、ネットワークの転送機能だけでは利用者の求める情報配信のニーズに対応できなくなりつつある。ビデオを撮る、音声を記録するなど、これまでコンテンツ事業者や一部のコンテンツ発信者に限定されていた情報発信が個人ユーザでも可能になってきた。これにより、特に情報量の多い動画や音声データが増加し、情報配信時の転送処理の効率化はもちろんのこと、これら情報量の大きなデータをネットワーク上で活用するための新規機能が必要とされている⁴⁾。

現在のストレージサービスでは、増え続けるデータの保管とバックアップに注目が集まっている。既存の情報サービスは、その多くが固定端末で情報を利用する場合、もしくはユーザが少数の限られた拠点において情報を利用する場合に利用可能な機能を提供するにとどまっている。SAN に関しては遠隔地間 SAN 間連携の研究が行われているものの、ネットワークを介した場合の様々な制限から、実際に仮想化が可能な拠点間距離は限られており、ユビキタス情報社会といわれる今後のネットワーク利用状況に十分に対応することは難しい。モバイル端末の普及とそれによる常時接続が想定される今後のネットワークにおいては、想定される多くのアクセス拠点数に対応できる、柔軟なネットワークシステムが必要となる。特に、ストレージシステムにおいては、昨今のオンラインでの情報利用の拡大を受け、バックアップ及び記録保存のためのデータセンタへのデータ送信と、そこから必要に応じて参照したい情報（アーカイブ）を引き出せる機能に注目が集まっている。例えば非常に長距離に渡るデータの引き出しを行う場合や、遠隔地から本社に接続して業務データを利用するといった利用法も考えられるが、これらを現状のネットワークで効率的に行うことは難しい。

そこで我々は、移動先でのデータアクセスの効率化を実現するため、ネットワーク内にストレージ装置を分散配置し、ストレージ機能とネットワーク機能とを互いに連携して制御するためのアーキテクチャを検討する。以下、パーソナルストレージサービスの動作、ネットワーク構成およびプロトタイプにおけるプロトコルの動作について説明する。

2.2 システム概要

パーソナルストレージサービスとは、ユーザの位置情報と連携することにより、適切な位置のストレージをユーザに対して開放し、ユーザの必要とするコンテンツをその領域（以下、「パーソナルストレージ領域」と称する）へ移動するサービスである。データの管理方法について

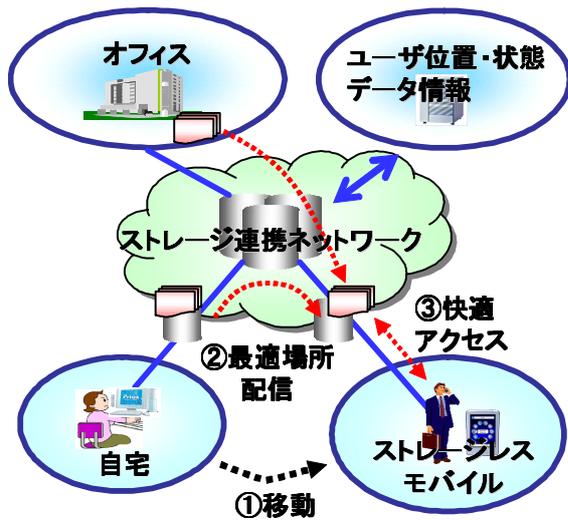


図1 パーソナルストレージサービスの概要。ユーザの接続位置に基づき必要な情報を配信することにより、接続条件に制限されことなく情報の共有及び利用を可能にする。情報の大容量化に対応して、移動環境でのデータ活用を実現する。

は、データセンターで一括管理を行うことを考えてもよいし、ネットワーク内に分散されたストレージ装置間の状態通知によって管理されていてもかまわない。

図1は、パーソナルストレージサービスの概念図を示したものである。複数拠点からネットワークへ接続するユーザに対して、常時必要な情報への効率的なアクセスを実現するため、ユーザ位置・接続状態を管理し、ユーザの利用状況を把握しておくことによって、随時必要な情報をユーザの接続拠点付近に移動し、快適なアクセスを実現する。

上記の利用環境を提供するため、パーソナルストレージサービスは、以下の特徴を持つ。

- ストレージ装置を分散配置したネットワーク構成
- ネットワーク内のストレージ領域を個人ユーザ宛に適宜割り当てて読み出し/書き込み可能な領域を開放するストレージ管理機能
- ユーザのプレゼンス情報に基づき、ユーザが接続する位置に最も近いストレージ領域へ個人データを移動するプレゼンス管理機能

次章では、これらを実現するためのネットワーク機能について簡単なネットワークモデルを利用して説明する。

3. ネットワーク・ストレージ連携機能

3.1 パーソナルストレージシステム基本構成

パーソナルストレージサービスを提供するシステムは、以下の機能により構成される。

- (1) ストレージ・プレゼンス統合管理サーバ
- (2) ストレージ・ユーザ管理エージェント
- (3) ストレージ連携ネットワークノード

図2にパーソナルストレージサービスを提供するネットワークアーキテクチャを示す。ここでは簡単のため、ネットワークを3台のノードで構成し、ストレージ・ユーザ管

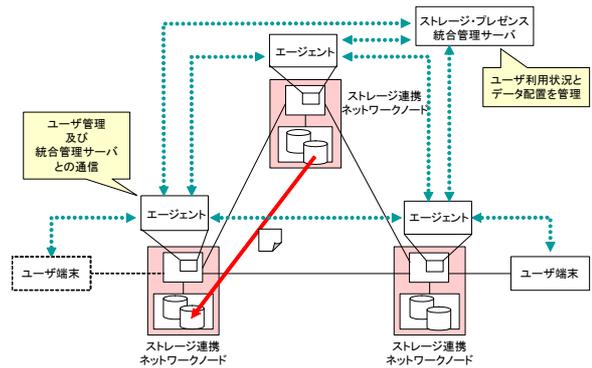


図2 パーソナルストレージサービスを提供するネットワークアーキテクチャ及び機能相関関係

理エージェントとストレージ・プレゼンス統合管理サーバ、及びユーザ端末間の相関関係を示す。これら相互の制御信号の伝達により適切な移動先へデータを配信する。以下、それぞれの機能の動作、役割を説明する。

3.1.1 ストレージ・プレゼンス統合管理サーバ

ストレージ・プレゼンス統合管理サーバとは、ユーザのプレゼンス情報、特に接続位置情報と使用端末や使用回線帯域といった接続条件を管理するサーバである。ユーザ本人が情報にアクセスする場合と、他の利用者にデータを送信する場合とがあるが、後者の場合、送信先利用者のプレゼンス情報(オンライン/オフラインなどの接続状態、及び利用端末や回線などの接続条件)を参照し、データ送信時の経路制御に利用する。また本サーバはプレゼンス情報に加え、ネットワーク上に保存されているコンテンツ情報を管理する機能を備える。プレゼンスとコンテンツを関連付けて管理することの利点は、コンテンツ管理において所有者情報をコンテンツの属性と関連付けて活用することができる点にある。近年、優先制御など属性情報を活用することに注目が集まっているが、本方式によってユーザの契約状況や送信先の状況などネットワーク制御プロトコルだけでは判断できない状況も制御条件として利用することが可能になる。ストレージ・プレゼンス統合管理サーバは、データベース機能と通信機能を持ち、ユーザの接続位置、データファイルの保存ノード、ユーザプレゼンスに関する情報をクライアント(エージェント、後述)と交換するため、後述する独自のプロトコルを用いる。

3.1.2 ストレージ・ユーザ管理エージェント

ユーザ管理エージェントは、統合サーバと連携し、ユーザ情報を管理・更新する機能である。エージェントは、ユーザアクセスを集約するストレージノード上で、ユーザの接続状況とネットワーク資源の利用状況の監視、及び当該ストレージノードの記憶領域に格納されているデータ情報はじめストレージ利用状況を管理し、統合管理サーバへ通知する機能を持つ。エージェントによる情報収集、通知、設定機能を導入することでユーザ自身の負担を軽減すると共に、プレゼンス情報とネットワーク情報、及びストレージ領域情報を用いた、ネットワーク資源の柔

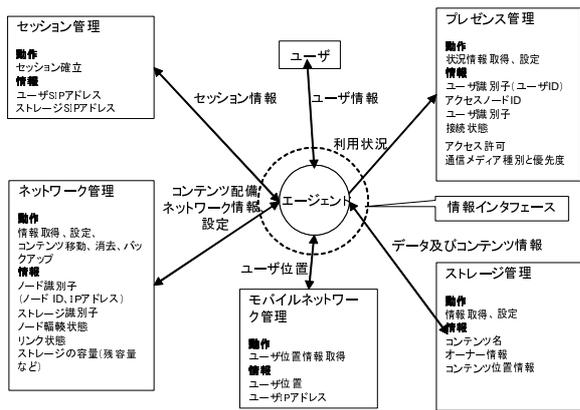


図 3 ストレージ・ユーザ管理エージェントと各管理サーバとの相関

軟な利用をサポートすることが可能である (図 3)。

3.1.3 ストレージ連携ネットワークノード

ストレージ連携ネットワークノードは、装置間の相互接続によってネットワークを構成するインタフェースと、転送データ情報を備える情報記憶機能を持つ装置である。本装置はデータパケットをネットワーク経路表に従ってフォワーディングすると共に、必要なデータをネットワーク上で再構築して保存することができる。自装置内にデータを保存することにより、現在プロバイダによって提供されているサーバ貸し出しサービスとは異なり、ネットワーク内の全てのノードの連携で構成される大容量のデータ保管環境を提供できる。これにより移動中など携帯端末からのアクセスを考慮した場合にデータの可用性を大幅に向上させることが可能である。

3.2 プレゼンス連携プロトコルの動作

ストレージ・プレゼンス統合管理サーバとエージェントとの間で交換されるメッセージの基本動作を図 4 に示す。プレゼンス管理サーバは、各ストレージネットワークノード及び利用者の利用状況を管理するエージェントを介してネットワーク・ストレージ制御の判断の基準となる情報を入手する。ストレージ領域情報とプレゼンス情報とを活用したデータ配信により、移動先の拠点からネットワーク接続する際の情報へのアクセス効率を向上させる。以下、シーケンスを説明する。

- (1) ユーザが自宅あるいは職場から離れ、移動先においてストレージネットワークを構成するストレージノード A へ接続する。ユーザのプレゼンス情報がエージェント A により管理され、ストレージ・プレゼンス統合管理サーバへ通知される。
- (2) 統合管理サーバは、ストレージノード A に対してエージェントを通じパーソナルストレージ領域を確保するよう指示する。
- (3) エージェント A を介して領域の確保を確認した後、当該ユーザの要求する情報を保管しているストレージノードに対して情報の移動を指示する。
- (4) データがパーソナルストレージ領域に移動される。また、ユーザが接続する拠点を変更する場合の動作は、

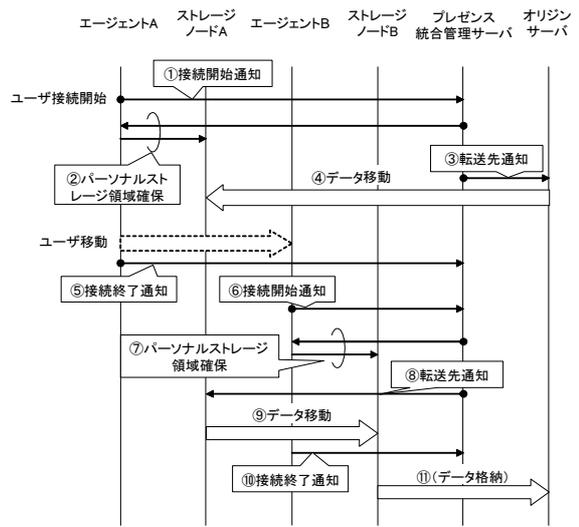


図 4 ストレージ及びプレゼンス情報管理プロトコルの基本動作

以下の通りである。

- (5) エージェント A がユーザの接続終了を検知し、当該ユーザのプレゼンス情報の変更を統合管理サーバへ通知する。
- (6) 移動先の拠点であるストレージノード B において、エージェント B がユーザ接続を検知し、統合管理サーバへ通知する。
- (7) ストレージノード B に対してパーソナルストレージ領域の確保を要求する。
- (8) ストレージ領域の確保に続き、現在データを保管しているストレージノード A にデータの送信を指示する。
- (9) ストレージノード A からストレージノード B のパーソナルストレージ領域へ情報が移動し、ストレージノード A は確保していた領域を解放する。

ユーザがネットワークの利用を終了する際には、エージェントによりプレゼンス情報の変更が統合管理サーバへ通知される。その後必要ならばオリジンサーバへのデータ格納を行い、統合管理サーバのデータ情報を更新して処理を終了する。

4. 機能評価

4.1 データ移動の効果

現行のコンテンツ配信ネットワークは、ユーザが一方的に情報を受け取る形態であり、サーバの増設や負荷分散装置によるサーバレスポンスの向上、及びキャッシュを用いた、ユーザのアクセス効率の改善が課題とされてきた。これに対し、パーソナルストレージシステムにおいてネットワーク上の様々な位置からデータへのアクセスを可能にするためには、ストレージデータの読み出しとストレージへの書き込みとの双方が可能なシステムにする必要がある。以下、データの取得と、編集・コピーなど情報に対する通常のアクセスの点につき、提案方式の効果を考察する。

データ移動を行う利点は、エンドユーザからの情報アクセス時の遅延が低減されることである。インターネット上のトラフィックを最適化する研究は多く行われ、現在のコンテンツ配信網においても、Web caching やコンテンツの分散配置によるアプローチにより、ネットワーク上のトラフィックを効果的に低減できることが示されている³⁾⁶⁾。本稿で提案するプレゼンス管理方式および統合サーバによる情報移動管理は、これら従来のキャッシュによるアクセス網構築方法と同様に、アクセス時のネットワーク上における距離を短縮し、アクセス効率が向上する。データの大容量化に伴い、転送経路上での遅延が拡大する⁴⁾ため、コンテンツアクセスに先立ちデータを移動する機能は、今後のネットワーク構築に不可欠な技術である。

一方、データを移動せず、ユーザがネットワークを介して直接オリジンサーバへアクセスする場合を考えると、そのアクセス効率は、ユーザと、オリジンサーバに接続されて情報を保管するストレージ間との間のネットワーク的な距離に対し、より大きな依存性が生じる。これは、サーバとストレージの間のトランザクション処理が、ネットワークを介した場合に遅延の大きな要因となるためである。トランザクションの回数は転送データの大きさにほぼ比例して増加するため、ネットワークを介した場合に、トラフィックの増大、及びデータ転送遅延の原因となる。ディザスタリカバリに注目が集まっている現在でも、広域でのデータバックアップには尚、効率の面で問題が残っている。コンテンツが大容量化し、ネットワーク内に輻輳が発生する場合は、その処理遅延は更に拡大する。従って、データを移動しアクセス距離を短縮する効果は大きい。

4.2 スケーラビリティに関する考察

次に、データの移動に伴うトラフィック量の変化を考察する。図4に、オリジンサーバからデータを配信する場合と、パーソナルストレージシステムを用いた場合のデータ配信方法を示す。ユーザが毎回特定のサーバに対して転送要求を行う場合、複数の拠点を移動する必要がある際には、データ移動などで発生するネットワーク上の総パケット数が、各拠点とサーバとを結ぶ経路上のホップ数に応じて増加する。これは、多数のユーザが同時にネットワークサービスを利用する際に、非常に大きなトラフィックを発生することを意味し、ネットワークリソースの利用効率が大幅に低下する原因となる。一方、ユーザの連続的な移動に伴い、プレゼンス情報を利用してデータ保管場所を順次変更するパーソナルストレージでは、ユーザの移動時のデータの転送距離が短く、ネットワークへの負担が小さい。さらには、通常、ユーザがネットワークにアクセスする拠点は、ユーザの利用形態に応じて特定の範囲内に集中することを考慮すると、移動が頻繁に発生する場合のトラフィック量を大幅に低減することが可能である。

統合管理サーバを用いる最大のメリットは、必要なデー

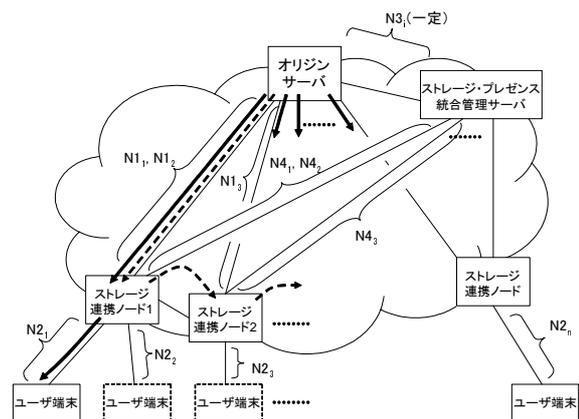


図5 情報配信のモデル。実線はオリジンサーバへ直接アクセスする場合、点線はストレージ・プレゼンス統合管理サーバを用いるパーソナルストレージ方式を示す。

タ、必要な送信先を通知することなく、常時情報への効率的なアクセスが可能なことである。プレゼンス情報の活用により、ユーザ位置を自動的に検出し、また予測することによって、予め移動先に情報を配置しておくことも可能である。これによって、ユーザはネットワークに接続さえできれば、常に大容量のストレージを個人用に活用することができ、ストレージ容量に制限のある携帯端末でも、その制限を感じることなく情報へのアクセスが可能となる。本技術は、モバイル環境との親和性が高く、ユーザの位置情報を自動的に把握し、ネットワークアドレスの再設定を行うことにより、同様のサービスを実現できる。

提案方式を適用した場合の効果を、ユーザ数、データ数及びデータサイズ、データ転送の際に経路上でパケット中継に用いられるノード数をパラメータとして、従来のデータアクセス手段と比較する。提案方式では、ストレージ情報及びプレゼンス情報管理のため、一ユーザに対して、図4で説明されるシーケンスによりユーザおよびコンテンツの管理が行われる。従って、ユーザ数に比例して、制御信号のトラフィックが増加する。一方で、オリジンサーバへ直接アクセスする従来の方法では、ユーザの移動に伴う制御信号は必要とされない代わりに、オリジンサーバに置かれたデータへのアクセスに際して、長区間に渡るトラフィックが必要となる。具体的には、ユーザ i ($i = 1, \dots, n$) のデータアクセスに係るトラフィック量を考えると、その転送経路上のノード数(区間数) $N1_i$ 及び $N2_i$ 、read/write 命令に伴い発生する転送パケット数 x_i への依存性は以下の式で表される。

$$\sum_i x_i (N1_i + N2_i) \quad (1)$$

一方、パーソナルストレージシステムにおけるパラメータへの依存性は、データ転送時のパケット分割数 s_i 、オリジンサーバと統合管理サーバとの通信パケット数 $c1_i$ 及び $c2_i$ 、統合管理サーバとオリジンサーバ、及びストレージ連携ノードとの距離 $N3_i$ 、 $N4_i$ を用いて、次のように書ける。

$$\sum_i s_i N1_i + x_i N2_i + c1_i N3_i + c2_i N4_i \quad (2)$$

第1項はデータ移動、第3,4項は図4で示されるシーケンスの制御に必要なバケット数であり、ユーザのアクセスに関わるトラフィックは、第二項のみで表される。ユーザ数の増加に伴うサーバ負荷の増大と、大容量データが行き交うネットワーク上でのバケット損失率の増加を考慮すると、パーソナルストレージシステムが有利である場合が多い。

ユーザがアクセス拠点を移動する場合を考慮し、アクセス拠点数が増加する場合のトラフィック量の変化を考える。ユーザ*i*が、アクセス拠点*j*($j = 1, \dots, y$)においてデータアクセスを行う際のトラフィック量は、オリジンサーバへ直接アクセスする場合に、以下のように表される。

$$\sum_{i,j} x_{i,j} (N1_{i,j} + N2_{i,j}) \sim nNxy \quad (3)$$

ここで、各ユーザがネットワークへアクセスする拠点は特定の範囲にある場合が多く、ネットワーク規模が大きい場合にはデータの移動距離はアクセス拠点によらずほぼ一定とみなせることを考慮し、またエッジノードからユーザまでの距離はネットワーク上の転送距離に比べ無視できる程度であると仮定し近似を行った。パーソナルストレージシステムでは、隣接ノード間の距離が十分小さいこと、プレゼンス管理シーケンスのやり取りがなされるオリジンサーバ、統合管理サーバ、エッジノード間の距離はほぼ一定とみなせることを考慮すると、ユーザの移動に伴うトラフィック量は、次のように表される。

$$\sum_{i,j} s_{i,j} N1_{i,j} + x_{i,j} N2_{i,j} + c1_{i,j} N3_{i,j} + c2_{i,j} N4_{i,j} \sim N + y(1 + const.n + xn) \quad (4)$$

ここで、*const.* はプレゼンス管理シーケンスによるトラフィックを表す。図6は、式(3)と式(4)の比の変化を示したものである。複数の拠点数が存在する場合に、従来方式ではネットワーク上で処理するトラフィック量が急激に増加する。パーソナルストレージでは、ユーザ数、ネットワーク規模(中継ノード数)、利用拠点数の増加に伴うトラフィック量を効果的に抑えることができる。

5. まとめ

情報量の拡大に伴い、今後の情報サービスにはネットワークとストレージの連携は必須の技術となることが予測される。本研究では、トラフィックの大容量化をもたらす課題を整理し、大容量化するコンテンツの利用を支えるプラットフォームとして、パーソナルストレージシステムを提案した。

パーソナルストレージシステムは、モバイル環境への適用を想定し、ネットワーク上に分散配置されたストレージ機能を相互に連携して利用することにより、ユーザのネットワークサービス利用における情報の可用性を向上させるシステムである。本システムの特徴は、ネットワー

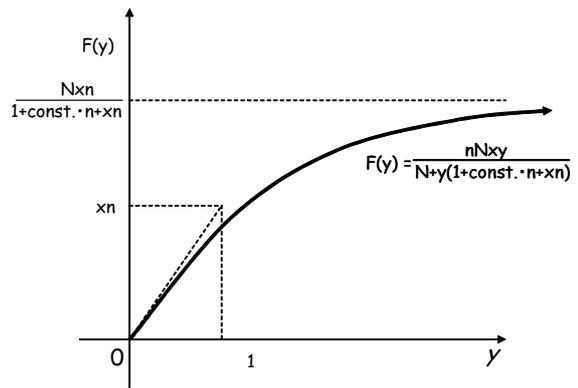


図6 従来のアクセス方式とパーソナルストレージにおけるアクセス拠点数に対するトラフィック増加率の比

ク制御機能に加え、利用者のプレゼンス情報及び分散配置されたストレージ領域情報を用いることである。これにより、多様化するユーザニーズとネットワーク状況に柔軟に対応できる。データの移動により、利用者の情報へのアクセス効率を向上させ、ネットワーク上のトラフィックを低減することが可能である。またユーザが複数のアクセス拠点を利用する場合に、データアクセス時のトラフィック量の増加を抑える効果があることを示し、携帯端末中心の情報社会を支えるプラットフォームとしての有効性を確認した。

今後は実用化に向け、ストレージ機能を導入するネットワーク上の位置、および普及のタイミングなど運用面の課題を検討する。また特定のサービスと連携したプラットフォームの構築についても検討を進める予定である。

謝辞 本研究は通信・放送機構の委託研究「テラビット級スーパーネットワークの研究開発」の一環として実施された。本研究の推進に協力頂いた関係各位に感謝する。

参考文献

- 1) NTT-BB (BROBA) (www.broba.cc)
- 2) 総務省, 情報通信白書 (2003) (www.johotsusintokei.soumu.go.jp/whitepaper/ja/h15/index.html)
- 3) Doyle, R.P., Chase, J.S., Gadde, S., & Vahdat, A.M.: The Trickle-Down Effect: Web Caching and Server Request Distribution, *Web Caching and Content Delivery* (Bestavros, A. & Rabinovich, M. (eds.)), Elsevier Science B. V., pp. 1-18 (2001).
- 4) 水谷昌彦, 池田博樹, 宮城盛仁: ストレージ連携ネットワークにおける情報ルーティング方式, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 102, No. 384, pp. 1-6 (2002).
- 5) Farley, M.: *Building Storage Networks Second Edition*, McGraw-Hill (2003).
- 6) Gadde, S., Chase, J., Rabinovich, M.: Web Caching and Content Distribution: A View from an Interior, *Computer Commun.*, 24, 222-231 (2001)