

ムーバブル・サーバの提案

上田 尚純† 青野 正宏†
渡辺 尚‡ 水野 忠則‡

ネットワーク上を移動するサーバのコンセプトについて述べている。ネットワークの通信速度、通信容量の飛躍的な向上が今後見込まれ、数十Gバイト以上の大量のデータをネットワーク上で転送することが負担ではなくなる時代がきつつある。サーバのデータをある拠点から別の拠点にネットワークを利用してそっくり移動させれば、見かけ上サーバの位置を移動させることができる。このような可動性を持つムーバブルなサーバについて、そのコンセプトを提案すると共に、その利点や用途、実現方式と解決すべき課題について述べている。

Concept of Movable Server

Takasumi Ueda † Masahiro Aono †
Takashi Watanabe ‡ Tadanori Mizuno ‡

We propose a concept of a movable server. The transfer rate and capacity of network are expected to make rapid progress in near future, and it becomes possible to transfer several ten Giga byte data in a short time on network. We can virtually move a server from one place to another by transferring all data of the server on network. We mention the concept, merits, purposes, implementation method and problems to be solved of the movable server.

1. はじめに

ネットワークの高速化と多様化に伴って計算機の利用の仕方も高度化してきており、ネットワーク・コンピューティングの時代になってきている。分散処理ではエージェント技術やJ A V Aの利用も始まり、また携帯端末や携帯電話の普及で移動先から無線を介して計算機を利用することも一般的になってきている。

ところで、これまでの計算機利用形態では、端末が物理的位置を変えたり、エージェントがネットワーク上を飛びかたりするが、サーバの位置は固定していた。せいぜい、車などに搭載したサーバが物理的に移動する程度であった。サーバを動かさないのは、サー

バは一般に物理的サイズが大きくて持ち運びが困難である事、保持しているデータが大量なためネットワーク上で転送するのは困難とされてきた事などによるのであろう。しかし、サーバの物理的な持ち運びはともかく、ネットワーク上で移動させることができれば、便利な用途も開拓できると考える。通信分野におけるWDM技術などの進歩により、近い将来に通信速度、通信容量の飛躍的向上が期待できる状況になってきており、サーバをネットワーク上で移動させることは決して夢物語ではなくなりつつある。

以下では、ネットワーク上でその位置を移動するサーバ(ムーバブル・サーバ)の提案を行ない、そのコンセプト、用途、実現手法、これから解決すべき問題について述べる。

†三菱電機 Mitsubishi Electric Corporation

‡静岡大学 Shizuoka University

2. ムーバブル・サーバの基本実現方法

2.1 システムアーキテクチャ

ネットワーク上でその位置を移動することのできるサーバをムーバブル・サーバ(以下、MSと略す)と呼ぶことにする。MSとして物理的なサーバをイメージしてもよいが、仮想的に実現されたバーチャルマシンでもよい。演算機構(CPU+主記憶)とディスク、及びOSを含めたソフトウェア一式が主要な構成要素である。

代表的と想定される、MS実現のためのシステム構成例を図1に示す。

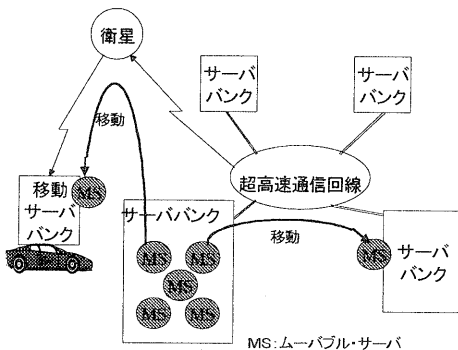


図1 ムーバブルサーバ実現例

Fig.1 Example of System Architecture realizing Movable Server

複数個所にサーババンクを設け、これらサーババンク間を超高速の通信回線で接続する。MSを利用したいユーザ(ユーザグループ)は、サーババンクの運用業者と契約して、MSをいずれかのサーババンクに設ける。以後、ユーザグループはそのMSをサーバとして利用できるが、必要に応じてそのMSのサーババンク間での移動を要求できる。移動はMS内の全データを通信回線で移動先のサーババンクに転送することで実現される。図1にあるように、サーババンク自体が車などの移動体上に存在することも考えられ、移動サーババンクとの間のMS移動は衛星通信などの無線を利用する。

アウトソーシングで利用するサーババンクは、業者が既に各地に構築しつつあるが、そこでのサーバは位置固定である。ここでの提案は、サーバがサーババンク間で移動できるようにするのが眼目である。なお、サーババンクの構築者として、アウトソーシング業者、

通信会社、ISP、あるいは内部用途としての大企業などが考えらるが、いずれでもよい。

2.2 ムーバブル・サーバの転送

次に、ネットワークによるサーババンク間でのMS移動が非現実的なものではないことを検証してみる。MSの有効データ量を a バイト、サーババンク間でのデータ転送に使用する回線の通信速度を b bps とすると、転送に要する時間は $a * 8 / b$ 秒となる。 a として 70G バイト(ディスク容量 100G バイト、内 70% がデータ保持に利用されているとする)、 b として 10Gbps を採用すると、MS 1 台分のデータ転送に要する時間は

$$70G * 8 / 10G = 56 \text{ 秒 (約1分)}$$

となり、ここだけ見ると十分速い。1日では 1400 台強のMSを移動できることになる。WDM技術の利用で1本の光ファイバーで数Tbpsの転送が3-4年後に実用化される予想があり、10 Gbpsの通信回線の利用は非現実的ではないであろう。100 Gbpsの通信回線を利用すれば上記の10倍の性能を実現できる。

MS転送におけるネックは通信回線よりもむしろディスク入出力性能にある。現状の容量 10 Gバイト、入出力性能 5Mバイトのディスクを考えてみる。フルの入出力速度でデータを読んだとして、ディスクのデータを全て読み出すには

$$10 G / 5 M = 2000 \text{ 秒 (約33分)}$$

かかる。記録密度の向上でディスク入出力速度は今後も向上するが、ディスク容量も増大する為、1台のディスクを読み取る時間は変わらないか、むしろトラック数の増加に比例して増大する。また、上記時間にはソフトウェアによるデータの論理的処理のオーバーヘッド考慮しておらず、これ以上の時間がかかることになる。ただ、サーバの移動は時間的にクリティカルな場合は少なく、時間的余裕のある場合が多いと考えられるので、MS実用上には大きな障害にはならないであろう。

次に、サーババンク間でのMS群の転送を効率よく行なう事を考える。以下のようなMS転送の特性を考慮して、通信回線の利用をスケジューリングして転送に利用する事が有力である。

- ・データ転送が一括大量転送となる事、時間的にクリティカルでない場合が多い事
- ・通信回線速度とディスク入出力速度の差を考慮して、データバンク間のMS移動では、複数台のMSの移動を並行して処理することになる

通信回線の利用をスケジューリングすることで、通信回線での輻輳の発生を大幅に減少させることが期待できる。スケジューリングは以下のような手順で実施される。

- ①MSの所有者がMS転送を要求する際、転送の期限を指定する。期限は日あるいは時間 (hour) 単位で指定する。
- ②サーババンク運用者はユーザの転送要求を元に、転送に使用するルート、転送時刻をスケジューリングし、それに基づいて転送を実行する。夜間や休日も利用し、輻輳の発生を最小限にする。(スケジューリングのアルゴリズムは別途考えるものとする。)

2. 3 サーバの位置移動への対処

MSの位置が移動すると、端末がMSにアクセスする場合に移動先の新しい位置にアクセスする必要がある。次のような方法で対処できる。

- ・MSの定義時、論理的なサーバ名を与える。このサーバ名はMSに固有とし、MSが移動しても不変とする。なお、ドメイン名はサーババンク運用業者が所有するものを使用する事になる。
- ・ユーザが端末からMSにアクセスする際、端末の位置近くにあるサーババンクのアクセスポイントにダイヤルアップ接続する。端末側ではMSのサーバ名を探索する場合のDNSとして、サーババンク運用者の所定のDNSを指定しておく。このDNSにMSのサーバ名と移動後のIPアドレスの対応表を登録しておく事で、移動後のMSのに到達ができる。

2. 4 ユーザデータへの考慮

分散処理の時代であり、どの計算機でも、一般的に、プログラムやデータに他ノード上のリソースへの参照が含まれている場合が多い。URLもこの参照に該当する。MSが移動する場合、他ノードや自ノードのリソースを指す参照(あるいはリンク)があってもMSには問題は生じないが、MS上のリソースが他

ノードから指されている場合に、他ノード側に問題が生じる。すなわち、サーバを移動すると、自分は迷惑を被らないが、他人が迷惑を被る。

対策として、他のノードの資源への参照は論理名を使用する事、MSのサーバ名は移動しても変えない事、MSが移動する場合にDNSやネームサーバの更新すべき情報はきちんと更新する事などを行う。DNSやネームサーバではサーバの新設や廃止を想定しており、所定の規則を守れば不都合は生じないと思われる。

3. ムーバブル・サーバの用途

ムーバブルサーバの用途を以下に説明する。なお、サーババンクを利用するので、サーバの管理といったわずらわしい作用が不要なこと、契約すれば常に最新のハードウェア、ソフトウェアを利用できること、緊急にサーバが必要になった場合に ad hoc サーバとして利用できることなどのメリットがあるが、これらはムーバブルであることの利点を活かしていない。MSはムーバブルであると共に、そのコピーをいくつでも作成できる(MSを移動するとは、他のサーババンクにMSのコピーを作る事である)ので、これらの利点を活用した使い方ができる。

①モバイルユーザグループのサーバ

携帯端末の普及でユーザは移動先からサーバを利用することが可能となった。また、車への計算機搭載によるインテリジェンス化も今後急展開しそうな状況

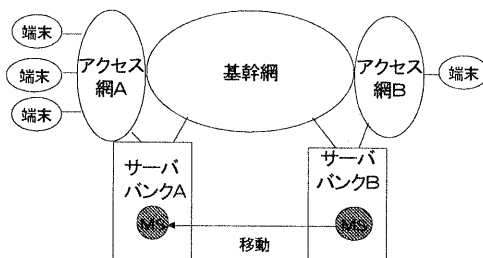


図2. MSの移動
Fig.2 Move of MS

にある。モバイル端末による計算機アクセスが今後は

計算機利用の主流になるという予測もある。ユーザの大半がモバイル端末を利用しているようなサーバが今後増大するであろう。このような場合、MSをサーバとして利用することで、ユーザの端末群の位置に合わせてサーバ位置を最適位置に移動させるといったことが考えられる。これによって次のようなメリットが選られる。

- ・ トータル通信コストの削減
- ・ 通信遅延の軽減、輻輳と遭遇する可能性軽減によるレスポンス時間の向上
- ・ 通信品質の向上

通信コストについては、サーバのデータ移動のための料金が発生するので、どのような場合にどこに移動させれば最も得するかは計算する必要があるが、サーバ移動の大量データ転送を格安の料金で行なうようなサービスが提供されれば、MSの利用がよりやりやすくなる。

②Webホームページのコピー作成

Webでの情報提供を全国展開するような場合を考えてみる。多くのユーザがアクセスする場合、一つの対策はホームページを保持するサーバの代わりにプロキシ・サーバを何台か設ける事である。この方法では、サーバ群の周辺に回線ネックが生じる。また、遠距離からのアクセスが増え、トータル通信コストが増大する。別の対策は、ホームページのコピーを作成して何箇所かの拠点のサーバに展開する事である。これにより上記問題点を解消できる。

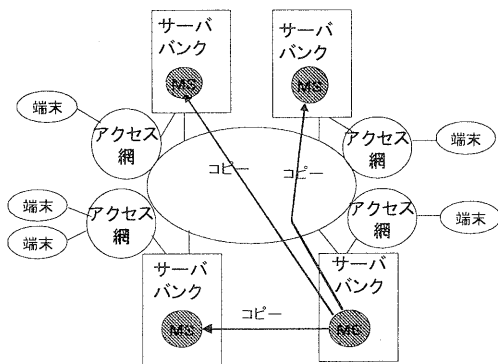


図3. MSのコピー作成と配布
Fig.3 Copy and Distribution of MS

MSを利用すれば、MSのコピーを複数作成して展

開する事で対処できる。更には、ホームページへのアクセス頻度や利用ユーザの地域分布の統計データを取り、それに基づいてコピーの作成やサーババンクへの配置変更を自動的に行う事も可能である。

③分散処理拠点の設置

広い地区に分散しているユーザに対して、情報の集計処理、あるいは情報の分配などを行なう場合、いくつかの分散処理拠点を設けて複数のサーバで分散処理させることが考えられる。例として、双方向のデジタルTV放送を有線で行う事を考える。下り方向では、親元のサーバからまず分散拠点のサーバに放送ビデオを送信し、ついで分散拠点サーバからエンドユーザに配信する。上り方向では、ユーザからの要求事項を分散拠点のサーバで前処理や集計処理を行い、その結果を親元のサーバに送る。(サーバが2段の例で説明したが、多段であってもよい)

MSを利用してこれを実現するには、図4に示すような機能を持つMSを一つ作り、このコピーを複数作成し、多段に繰り返して組み合わせればよい。

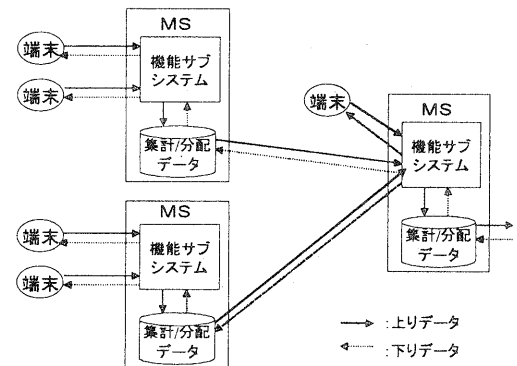


図4. MS利用による情報集計、情報分配
Fig4. Data Collection and Data Distribution by MS

④複数のDBをつきあわせての処理

複数の分散DBのデータを全件なめて処理するような処理を考える。このような処理は、これまではネットワークの負荷が多くなるので利用を避けてきていたと思われる。しかし、データウェアハウスやデータマイニングの普及で、詳細データを大規模型のフラットなDBに保持し、全件データをなめて処理するようなDB処理が増えてきている。また、SCM(Supply Chain Management)の進展で、異企業間でDBを

参照しあうような処理も増大してきている。異なる企業が持っている DB を相互に突き合わせて処理をしたいという要求は今後強まっていく。このような場合、ネットワークを介して DB を参照しつつ処理するよりも、DB を一旦一個所に集めて処理した方が安くつく場合が生じる。DB の全件検索では結果的に全データを送る事になり、また全件検索を複数回行う場合が多いので、DB の全データを一括して送って一個所で集中処理した方が通信コストは明らかに得である。

なお、この場合は送るのはサーバ全体ではなく DB のみでもよいが、データ量としてはサーバまるごとの場合と同レベルのオーダーになる場合が多いと思われる。MS のコンセプトで対処できるので、MS の利用例としてあげた。

4. ムーバブル・サーバの管理

サーババンクでの必要となる管理、及びMSの管理について考察する。

4. 1 サーババンクでの管理

サーババンクでは以下のような処理が必要である。

- ・ 計算機および通信回線などのハードウェア資源の管理
- ・ 定義されているMSの管理
- ・ MSの移動スケジュール管理
- ・ データのバックアップ
- ・ 課金管理

ユーザが MS の新設を申し込むと、サーババンクの運用管理者は MS を一意に識別できるのサーバ名称を定めると共に、MS の情報を管理表にまとめ、MS 台帳に登録する。

MSの移動スケジュール管理では以下のような処理を行う。

- ・ 移動先のサーババンクへの MS の必要資源の割り当て依頼
- ・ 通信回線の利用のスケジュール。ユーザに指定された時刻に間に合うようにスケジュールする。
- ・ 移動の実施。MS にアクセスしているユーザ（端末）がいないことを確認するとともに、MS のシステムを凍結状態にしてから移動を実施する。
- ・ 移動したMSの現在位置の更新
- ・ DNS の MS 登録情報（サーバ名称と IP アドレスの対応）の更新

スの対応) の更新

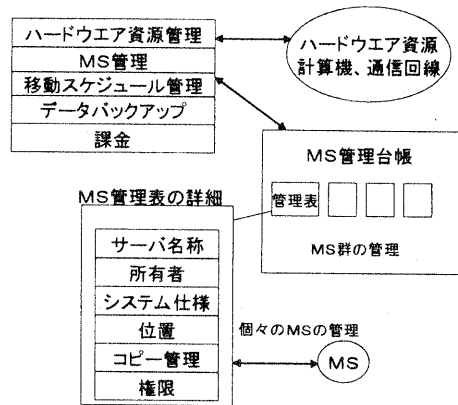


図5. サーババンクでの管理とMSの管理

Fig.5 Management of Server Bank and MS

- ・ 移動し終えたMSが占有していた資源の回収

なお、MS の移動は、MS の所有者が明確に申請する場合と、MS が自動的に判断して申請する場合とがある。いずれも、移動先のサーババンクと移動完了期限を申請する。

4. 2 個々のMSの管理

サーババンクの MS 管理システムでは、個々の MS について、ユーザとの契約で定めた内容やMSの状況を管理する。MS 毎に管理表を作成し、以下のような情報を管理する。

- ・ サーバ名称（識別 ID）
- ・ 所有者
- ・ システム仕様
 - HW: CPUタイプ、ディスク容量など
 - SW: OSのタイプ/バージョン、システムパラメータなど
- ・ 位置
 - 本籍
 - 現在位置
- ・ コピーの管理情報（コピーがある場合）
 - コピーの数、コピーの位置
- ・ 権限
 - コピー作成の承諾権など

MS の位置には本籍と現在位置がある。本籍とは MS を最初に定義したサーババンクである。本籍を変えるには転籍手続きが必要である。現在位置は移動した MS が現在あるサーババンクである。

MS のコピーが作成されると、そのコピーを管理する MS 管理表が作成され、本籍の戸籍謄本にそれへのリンクが張られる。なお、コピーの作成の可否やコピーの上限数については契約時に定め、管理表に保持する。

5. ムーブブル・サーバのバリエーション

MS を実現する場合の基本的な事項について述べてきたが、いくつかのバリエーションが考えられる。これらについて述べる。

①MS の実体のレベル

MS を 1 台の物理的サーバで実現する事を暗黙に仮定してきたが、MS はもっと論理的なものであってよい。パソコンの普及する以前は計算機は高価であり、1 台の計算機から複数台の仮想計算機（バーチャルマシン）を作りだす OS 技術が開発され、製品化もなされた。各々のバーチャルマシンでユーザが好む OS を利用できた。（この時のバーチャルマシンは一台の物理的計算機の中でしか利用できず、ネットワーク上を移動する機能はなかった。）このように、MS は物理的なサーバである必要はなく、論理的な計算機であればよい。将来、超高性能の計算機が開発されれば、それをサーババンクとみなして、その中に複数の MS を論理的に作成することも可能であろう。

また、DB やディスク単位で MS を定義することも可能である。この場合は、OS や演算機構はないので、演算機構を持つ別の MS に組み合わせて処理がなされることになる。サーバの主要機能はデータの保持であり、この定義の方がすっきりするかもしれない。

②移動対象範囲の部分化

MS の移動は、システムの全てを移動するのではなく、一部の DB やサブシステムを移動する、あるいは残す事が考えられる。例えば、巨大DBやビデオサーバなど、データ量が多大のものがあ、かつ移動先では利用頻度が小さい場合は、これを移動せずに元の位置に残しておく事が考えられる。MS を複数のサブ MS で構成し、サブ MS 単位での移動を可能にする事で、このようなケースに対応できる。この場合、1 台の MS が複数のサーババンクに分散して配置される事に

なる。

6. ムーブブル・サーバに関する課題

サーバの移動の実現には、これまで述べてきた事以外にも解決すべき課題は多く、これらについて述べる。

①異なるハードウェア、OS への対応

サーバのハードウェア及び OS はいくつかの種類があるが、サーバを移動するには移動元と移動先とでこれらの種類を合わせる必要がある。ハードウェアについては、CPU の種類やディスクの種類と容量を、OS については、OS の種類、主要システムパラメータを合わせる必要がある。さらには、ネットワーク上での位置が移動するので、ネットワーク関連の情報も辻褄が合うよう変更が必要である。現在の市販の OS を対象に、OS も含めてサーバの内容を移動することは実際的ではないであろう。現状では、同種類の OS、ハードウェア構成を持つサーバを各サーババンクで用意しておき、受け側の MS でも OS をインストールした状態で、ユーザのデータやアプリケーションのみを移動することがが実際的な解決策であろう。

移動がより容易な MS はどう実現するかについては、より詳細な検討が必要である。

②サーババンクでの MS 向けハードウェア資源管理

サーババンクにて MS にディスクスペースを割り当てる場合、大容量の RAID を利用して、MS に分配するのが有力な手法となる。しかし、MS への RAID 領域の割り当て、開放を繰り返すと、領域の利用状況が虫食い状態となり、ガーベッジコレクションのような処理が必要となる。これは多大なオーバーヘッドなる。これを避けるには、RAID 領域を数G単位程度の固定長領域（ブロック）に分割し、ブロック単位で割り当てるようにするが、ブロックサイズをいくつにするか、最適値を決めるには詳細な検討が必要となる。

③ディスク入出力速度

前述したように、ディスクの入出力速度は通信回線速度と比較して今後は相対的に遅くなっていく。ディスク入出力の絶対速度は向上しても、容量がそれ以上に増大するため、1 台のディスクの内容を読み取る時間の短縮は困難である。取りうる対策としては、ソフトウェアのオーバーヘッドを軽減すること、RAID を使用して複数台のディスクを並行動作させて見かけ上の入出力速度を向上させることが考えられる。

④データのバックアップ

バックアップをDATなどのオフラインの二次記憶媒体に定期的にとる作業を多数のサーバに対して行なうことは多大な手間となる。RAIDやミラーディスクを利用して信頼性を向上させ、バックアップを取る回数を最小化する必要がある。

⑤セキュリティ対策

MSの情報を不正に利用されないよう、セキュリティ対策をしっかりと行う必要がある。これについては、セキュリティ分野の成果を利用することで対処が可能と考える。

⑥より高度な使用例の開拓

MSの利用例をいくつか本文で述べたが、MSを一つの部品と考え、この部品を組み合わせることで高度な用途がないか、開拓していく必要がある。

7. おわりに

ネットワークの高速化によりサーバを移動させる事も不可能ではなくなってきたが、それには、サーバを移動させることで得られるメリットの明確化や、実現するために必要となる多くの課題の解決が必要である。本論文ではネットワーク上で移動するムーバブル・サーバの提案を行なったが、課題の多くについての詳細な検討や評価は未着手であり、これから行っていきたい。

参考文献

- 1) G.Coulouris,J.Dollimore(水野忠則 監訳)、“分散システム コンセプトとデザイン”、電気書院、1997
- 2)田井 秀樹他、“移動エージェント技術の現状と今後の課題”、コンピュータソフトウェア Vol.16、NO.5、Sep. 1999、p113-118
- 3)山本幸寿、渡辺尚、“分散オブジェクト複数配置方式の実装と評価”、D I C O M O '99 シンポジウム 1999.6、p537-542