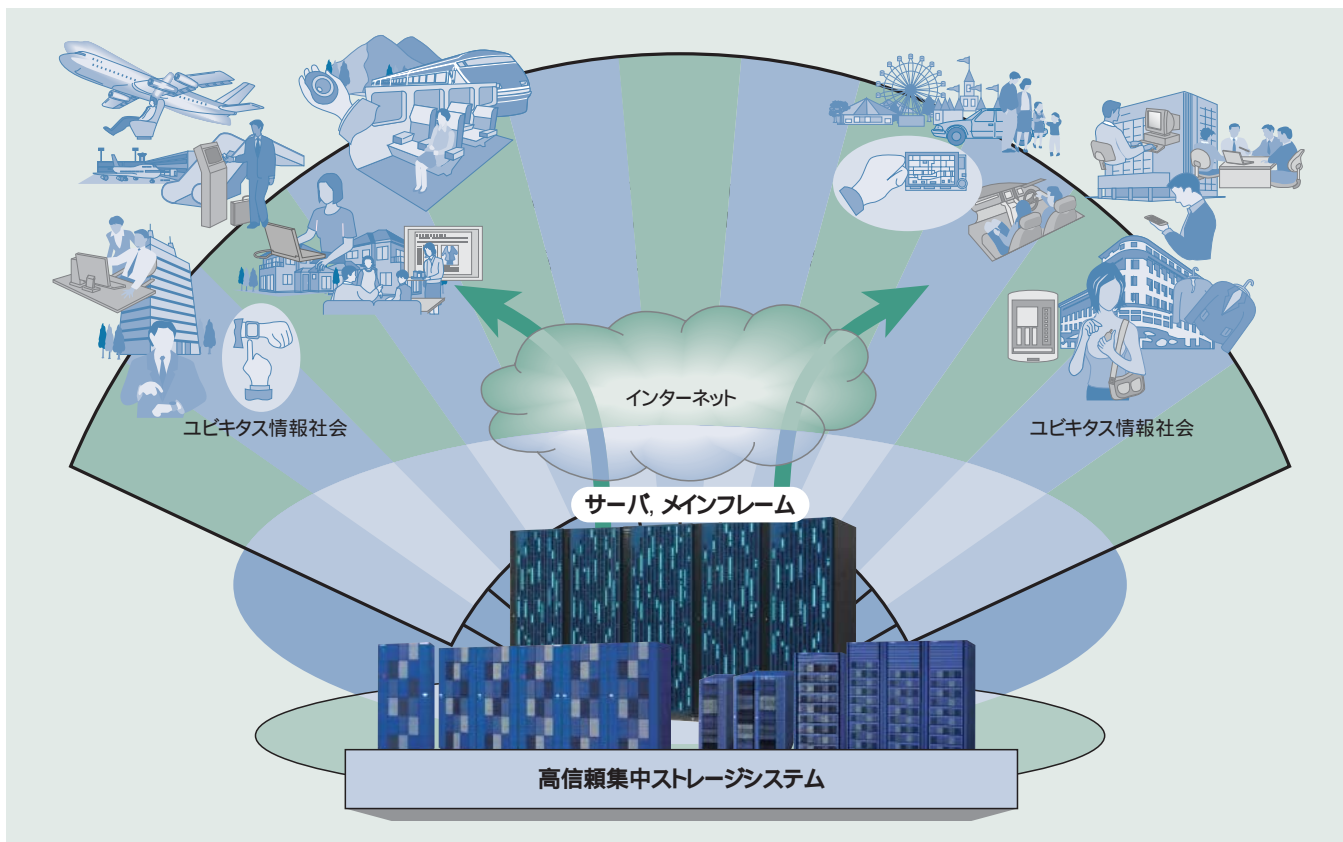


高信頼集中ストレージシステム

High-Reliability Consolidated Storage Systems

山本 彰 Akira Yamamoto



ユビキタス情報社会における高信頼集中ストレージシステムの位置づけ

ユビキタス情報社会では、いつでも、どこからでも、水や電気と同じように情報を利用できるのが当然ということから、情報のライフライン化が必須と言われている。高信頼集中ストレージシステムは、セキュアな情報保管庫の役割を担うため、「扇」に象徴されるユビキタス情報社会における、「正に「要」の装置となる。

ユビキタス情報社会では、高信頼集中ストレージシステムは、膨大な数のユーザーから、インターネットを經由して集まってくる大量の情報をセキュアに保管する役割を担う。このストレージシステムの情報を損なうことは、企業活動の根底を揺るがすことになるため、きわめて高い信頼性が要求される。正に、情報のライフライン化の要の位置づけとなる装置であり、「信頼性の日立」を象徴する装置である。

高信頼集中ストレージシステムは、1990年代にRAID

技術や、SANなどのストレージ集約技術の革新により、大きな発展を遂げた。今後は、SATAディスクなどの低価格ディスクの利用技術、IPネットワークへの接続技術、新たなストレージ集約技術の進化、セキュリティ技術の革新などが期待できる。これらの技術革新により、将来は、これまでのデータに加え、長期保管データ、クライアントPCや個人のデータ、動画像のような非DBデータも、この高信頼集中ストレージシステムに格納されるようになると思われる。

1 はじめに

高信頼集中ストレージシステム(以下、ストレージシステムと言う。)では、この10年間のHDD(Hard Disk Drive)技術の進歩によるビットコストの低下により、大容量化が進んできた。一方、社会のIT(Information Technology)化の進展により、ビットコストの低下以上

の量のデータがストレージシステムに搭載され、市場は堅調に推移した。

ストレージシステム自体の基盤技術での大きな変化は、1990年代前半のRAID(Redundant Array of Independent Disks)技術¹⁾の普及であり、同年代後半に起きたSAN(Storage Area Network)やNAS (Network Attached Storage)などによる集約化の技

術の進展である。さらに、ストレージシステム自身が、システム内のデータを自身で保護するような高度な機能を持つなど、高機能化の流れが定着した。

これまで、ストレージシステムに搭載されるデータは、ミッションクリティカル(停止不可)なDB(Database)データが中心であった。しかし、IT化の進展により、多岐にわたる大量のデータを、信頼性が高く、管理の容易なストレージシステムに搭載するニーズが高まっている。今後、新たにストレージシステムに搭載されていくデータは、(1)メールなどの長期保存データ、(2)ビデオ配信や監視などに代表される動画データ、および(3)クライアントPC(Personal Computer)などに格納されていたオフィスデータや家庭の個人データであると予測される。

このような新たな分野の大量のデータをストレージシステムに搭載していくためには、以下のような、ストレージシステムの技術的な進展が必要となる。

- (1) SATA(Serial Advanced Technology Attachment)ディスクの搭載:ビットコストの低下
- (2) IP(Internet Protocol)化:ネットワーク基盤の低価格化と広域化
- (3) 集約技術の進化:管理コストの低下
- (4) セキュリティ技術:いっそう高度なデータ保護技術

ここでは、これらの課題に対応する高信頼集中ストレージシステムについて述べる。

2 今後のストレージ技術の展開

2.1 SATAディスク搭載によるビットコスト低下とその応用技術

これまで、ストレージシステムでは、サーバ用のSCSI(Small Computer System Interface)ディスクをベースにしたディスクアレイを採用してきた。一方、近年、PCで用いられている低価格のSATAディスクをベースとしたディスクアレイが登場している。日立製作所は、「SANRISE9500Vシリーズ」で、SATAベースのディスクアレイを初めて製品化した²⁾。

SATAベースのディスクアレイのビットコストは、SCSIベースの約 $\frac{1}{3}$ ～ $\frac{1}{5}$ であり、これから用途が拡大する新分野のデータがそれほどミッションクリティカルな分野でないことから、搭載に適していると考えられる。さらに、SATAベースのディスクアレイのビットコストが、MT(Magnetic Tape)ライブラリのビットコストに迫りつつあるため、従来MTライブラリに格納していたバックアップデータをディスクアレイに格納するという動きが出てきて

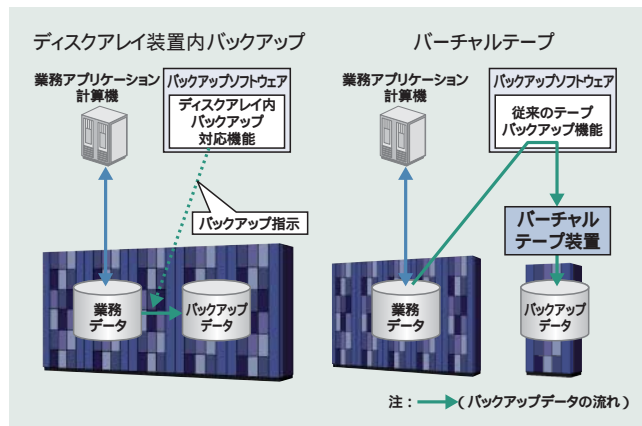


図1 ディスクアレイ装置内バックアップとバーチャルテープ機能の概要
ディスクアレイ装置内のバックアップは、高速であるものの、バックアップソフトウェアの対応が必要となる。バーチャルテープでは、既存のバックアップソフトウェアを利用することができる。

いる。

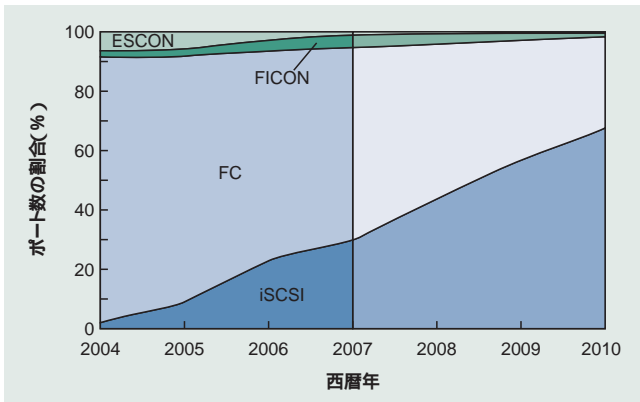
これには主に二つのアプローチがある。第一のアプローチは、ディスクアレイ内でバックアップを取得してしまう機能である(図1参照)。ただし、この機能は、従来MTライブラリに取得していたバックアップデータをディスクアレイ上に取得するので、バックアップソフトウェアを変更する必要がある。一方、第二のアプローチは、MTライブラリを模擬するバーチャルテープと呼ばれる装置をディスクアレイのフロントに置き、バックアップソフトウェアを変更することなく、従来MTライブラリに取得していたバックアップデータをディスクアレイ上に取得することを可能にする。バーチャルテープについては、日立コンピュータ機器株式会社が、「VTLAシリーズ」として製品化している。

2.2 IPストレージの普及とその影響

1990年代後半に登場したSANでは、FC(Fibre Channel)と呼ばれるストレージ固有のプロトコルを用いたため、一般のIPネットワークに比べ、スイッチやインタフェースチップなどのネットワーク基盤が高価格であった。また、接続距離に制約があり、広域化に制限があった。このため、広域化を実現するためには、FCプロトコルをIPプロトコルに変換する必要があり、このことが、いっそうのコスト高を招いていた。

しかし、2000年代に入ると、iSCSI(Internet Small Computer System Interface)に代表されるストレージプロトコルをIPプロトコルに載せる動きが活発になってきており、iSCSIを採用したストレージは、今後、普及が進むと考えられる。

NASは、当初からIPプロトコルを採用した製品である。今後のストレージに採用されるプロトコルをポート数で予



注:略語説明 ESCON(Enterprise System Connection),FICON(Fibre Connection),FC(Fibre Channel),iSCSI(Internet Small Computer System Interface)

図2 ストレージに採用されるプロトコルの予測
 今後はiSCSIやNAS(Network Attached Storage)が普及し、大半がIP(Internet Protocol)ベースのプロトコルに置き換えられる。

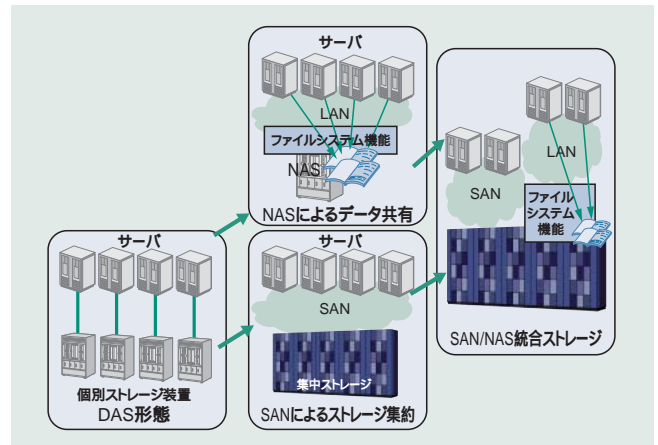
測したものを図2に示す。現在は、FCが主流であるものの、今後は、iSCSIやNASが普及し、将来は大半がIPベースのプロトコルに置き換えられるという予測である。

これにより、ストレージのネットワーク基盤の低価格化と広域化が、今後はいっそう進展していくものと思われる。しかし、広域化を進めるためには、新たな技術開発が必要である。それは、専用回線のレンタル料が、他のIT基盤の価格に比較すると、高価格と言わざるをえない状況が続くためである。しかし、現状の技術では、プロトコルがIPベースになっても、性能的な制約から、ストレージ間のネットワークとしては、専用回線を用いるのが一般的である。

したがって、広域化を前提としたアプリケーションを普及させるためには、専用回線ではなく、インターネットのような低価格のネットワーク基盤を利用することになる。このためには、IPネットワークを利用した場合にも、一定のレベルの性能保証が可能なQoS(Quality of Service)機能を、ストレージの中に開発する必要がある。その例については後述する。

2.3 集約技術の進化

SANとNASの集約形態を図3に示す。SANは、各サーバに従属していたストレージを、管理コスト削減のため、1か所の集中ストレージに集約するものであることから、集約したストレージは、大容量かつ高信頼なものが要求される。また、複数のサーバとの接続が不可欠であるため、ネットワーク化が必須となった。一方のNASは、複数のサーバ間でデータを共有したいというニーズに応えたストレージであるため、ファイルシステム機能をストレージに内蔵し、ファイルを1か所に集約させて、複数サーバ間でのファイルの共有を可能にした。



注:略語説明 DAS(Direct Attached Storage),LAN(Local Area Network),NAS(Network Attached Storage),SAN(Storage Area Network)

図3 ストレージ集約・ファイル共有の進展
 「SAN/NAS統合ストレージ」によってSANによるストレージ集約とNASによるファイル共有を統合し、一段の管理コストの削減を実現した。

この集約をさらに進展させたのが、SAN/NAS統合ストレージである。これは、SANのようなブロックインタフェースと、NASのようなファイルレベルのストレージを集約させることにより、さらなる管理コスト削減を実現するものである。日立製作所は、このコンセプトを、“NAS Blade”として、世界で初めて製品化している。

以上の集約は、集約前に使用しているストレージのデータを新しいストレージに実際に移行するため、「物理的な集約」と呼ばれる。この形態は、新しいストレージの購入が必須であり、投資コストは比較的高額になる。

これに対し、既存のストレージ資産を生かす形での集約が「仮想的な集約」で、バーチャリゼーションと呼ばれる形態である。バーチャリゼーションは、数年前に提唱されたコンセプトであり、当初はサーバベース、次にスイッチベースの製品化が行われた。各方式の特徴を図4に示す。同図によって明らかなように、性能と機能双方の面で優れているのが、ストレージベースのバーチャリゼーションである。この場合、ストレージ機能については、ストレージが持っている既存の機能をそのまま利用することが可能なため、きわめて優れたアプローチである。一方、性能についても、エンタプライズストレージは十分な性能があるため、問題になることがない。

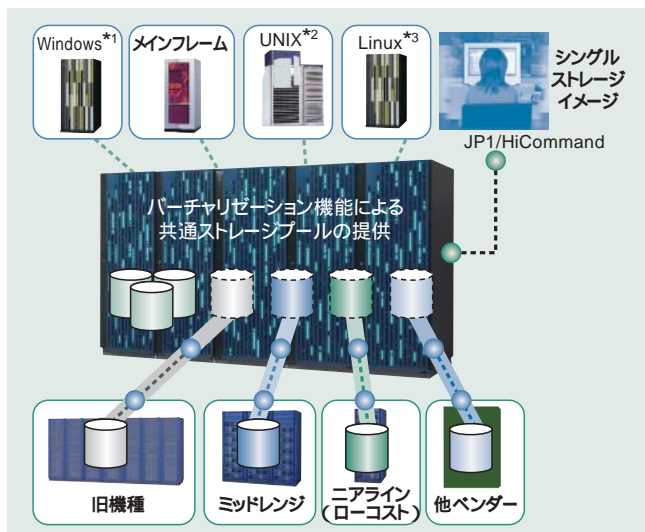
日立製作所は、2004年、“SANRISE Universal Storage Platform(USP)”を製品化した³⁾。SANRISE USPIは、世界で初めてバーチャリゼーション機能を持ったストレージとして注目を集めている(図5参照)。

集約化の技術は、今後、分散化と広域化に向かって進展していき、分散化には、コンピューター般で適用が進んでいるグリッドが応用されると考えられる。それは、広域化が、すでに述べたIPストレージの普及により、さ

名称	インバウンド方式			
	アウトバウンド方式	サーバベース	スイッチベース	ストレージベース
概要	<p>仮想ボリューム 仮想化ソフトウェア SAN ストレージ</p> <p>ホスト上の仮想化をソフトウェアで実現</p>	<p>仮想ボリューム 仮想化ソフトウェア SAN 仮想化サーバ ストレージ</p> <p>仮想化サーバに搭載した仮想化ソフトウェアで実現</p>	<p>仮想ボリューム 仮想化ソフトウェア SAN 仮想化スイッチ ストレージ</p> <p>仮想化スイッチのパケットルーティングハードウェアで実現</p>	<p>仮想ボリューム SANRIS USP 仮想化ソフトウェア ハードウェア・ソフトウェア 大容量キャッシュ ストレージ</p> <p>ストレージの仮想化機構(ハードウェア・ソフトウェア)で実現</p>
	導入	× 導入難(全サーバに専用ソフトウェア導入要)	◎ 導入容易(ホスト非依存)	◎ 導入容易(ホスト非依存)
機能	○ 高性能(コピー系機能)	○ 高性能(コピー系機能)	△ 低性能(キャッシュなし)	○ 高性能(キャッシュ利用可)
性能	○ 高性能(ホストストレージ直結)	× 低性能(仮想化サーバのCPUがボトルネック)	△ 高性能(ワイヤスピード)	○ 高性能(キャッシュ利用可)

注：(優)，(良)，(可)，×(不可)

図4 パーチャリゼーション(仮想的集約)の方式比較
 “SANRIS USP”でストレージベースのパーチャリゼーションを提供する。他の方式に比べ、キャッシュを利用した高機能と高性能が特徴である。



注：*1 Windowsは、米国およびその他の国における米国Microsoft Corp.の登録商標である。
 *2 UNIXは、X/Open Company Limitedが独占的にライセンスしている米国ならびに他の国における登録商標である。
 *3 Linuxは、Linus Torvaldsの米国およびその他の国における登録商標あるいは商標である。

図5 SANRIS USPの構成例
 SANRIS USPで提供する、世界初のストレージベースのパーチャリゼーションのイメージを示す。

さらに広域でのデータ利用が可能になるためである。すでに、ファイルレベルのNASなどでは、このような動きが進み始めている。

2.4 セキュリティ技術の革新

ストレージのセキュリティ技術は、ストレージがインターネットのような、一般のユーザーでもアクセスできるネットワークに接続される場合に、一般のIT装置と同様にきわめて重要になると言われている。しかし、このような環境でも、ストレージでは基本的に、ストレージ内に格納し

たデータの破壊や漏えいなどが問題となる。したがって、インターネット接続によって発生する課題は、これまでストレージで取り組んできたデータ保護の課題の延長として考えることができる。このデータ保護の考え方を、ここでは、広義のセキュリティ技術としてとらえる。

このデータ保護の考え方に立つと、最初のデータ保護に関する技術は、ハードウェアの障害やソフトウェアのバグに対応したデータ保護技術であり、RAID技術はこの典型的なものである。最も一般的な技術はバックアップ技術であり、これを支援する機能が、シャドウイメージやクイックスナップなどの一連の機能となる。

次に登場したのが、地震やテロなどにより、装置全体や装置が設置されているサイト全体が破壊されたときに、データを回復し、業務を続けるディザスタリカバリ(災害復旧)、あるいは、業務継続性と呼ばれる技術である。また、これをストレージ側から支える技術がリモートコピーである。リモートコピーは、正サイトのストレージが遠隔地にある副サイトのストレージに更新データを送信し、遠隔地にプライマリーサイトと同様のデータを保管する技術である。

リモートコピーの高機能化は今後も続いていく。一つの方向は、距離が伸びてもデータロスなくすることである。日立製作所は、国家プロジェクトで、ホスト側の“HiRDB(Highly Scalable Relational Database)”と連携させて、1,000 km程度までデータロスをなくすことを可能にした⁴⁾。さらに、データロスゼロの範囲を拡大する技術としては、中間的なサイトを用いる3データセンター方式が採用されると考えられる(図6参照)。

もう一つの方向は、インターネットのような低価格なネットワーク基盤への接続を可能にする技術である。日立製作所は、これを達成するために、ユニバーサルレプリケーション機能“Universal Replicator”を業界で初めて製品化した。Universal Replicatorは、副サイトに送っていないデータを、いったんディスクに格納する技術である。従来、これらのデータはストレージ内のキャ

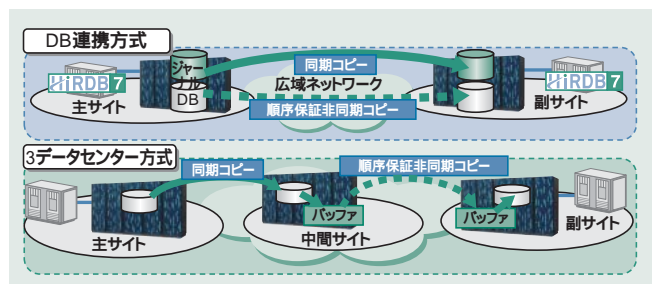


図6 リモートコピーの高機能化の概要(DB連携と3データセンター方式) 遠く離れたデータセンター間でのデータロスをなくすため、DB連携方式や3データセンター方式の高機能化が、今後、進展すると考えられる。

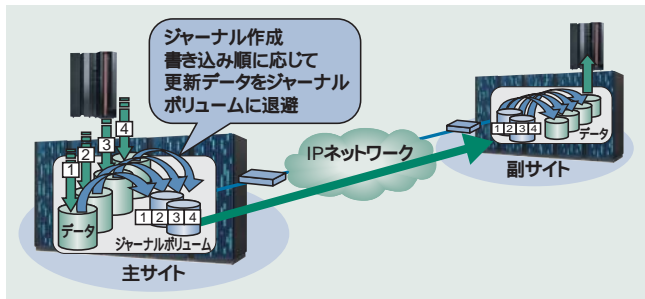


図7 ユニバーサルレプリケーション機能 Universal Replicator の概要
ジャーナルボリュームを介して更新データを送信することで、性能が不安定なインターネット回線を用いた、安価なリモートコピーを実現する。

シュに格納していた。このため、インターネットのような性能が安定しないネットワークを用いた場合、キャッシュが満杯になり、更新データの送信が続行できなくなるという課題があった。しかし、Universal Replicatorでは、これらのデータを大容量のディスクに格納するため、性能が不安定なインターネットに接続した場合でも、更新データの送信を継続することが可能である(図7参照)。

次世代のセキュリティ技術は、ストレージがインターネットのようなオープンなネットワークに接続された場合での課題であり、意図的なデータ破壊やデータ漏えいを防止するものである。基本的な機能は、認証と暗号化である。ストレージは各種のプラットフォームのサーバと接続するため、認証と暗号化には標準化が必要となる。しかし、すでに各機関での標準化が開始されていることから、将来はこれらの技術がストレージに標準的に装備されていくと考える。

以上、今後のストレージ技術の進展の主な流れについて述べた。次に、新たにストレージシステムに搭載されると予測されるデータと、その利用技術について述べる。

3 今後ストレージシステムに格納されるデータ

3.1 長期保管データ

2001年に米国で起きた著名企業の不祥事などの影響により、企業活動に関するデータの長期保存の法規制化などが進行している。特に、メールに関しては、米国を中心にして、長期保管が一般的になっている。同様の法規制は、わが国でも整備されつつあることから、今後は、国内でも長期保管が義務づけられたデータが大量に発生すると考えられる。

これに伴い、データの発生から活用、保管、消滅までの一連のライフサイクルを管理するということで、データライフサイクル管理、あるいは情報ライフサイクル管理と

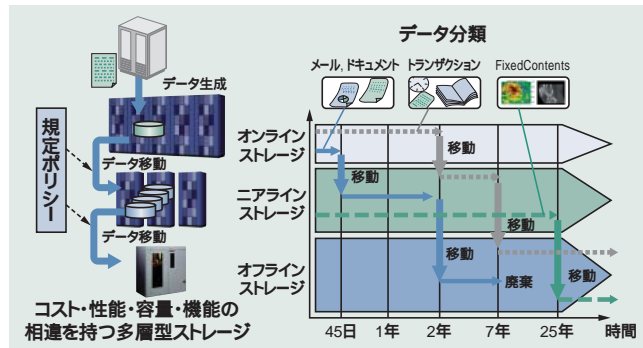


図8 多層型ストレージシステムとデータライフサイクル管理の概要
SANRISE USPを活用した多層型の階層ストレージのイメージを示す。

呼ばれる管理体系が普及しつつある。

これまでのストレージシステムでは、発生してから、せいぜい数か月の活性化された状態のデータが保管されてきた。これからは発生後、数年から数十年を経過したデータが保管されていくと考えられる。これにより、ストレージに必要な容量はさらに拡大していくと考えられる。

データライフサイクル管理では、時間の経過とともに、データの利用価値が変化することに着目し、ライフサイクルの各ステージで、最適なストレージにデータを配置、移動することが要求される。このため、データライフサイクルの基盤となるのは、オンラインストレージ、ニアラインストレージ、オフラインストレージなどから構成される多層型の階層ストレージとなる。

日立製作所のストレージシステムの特徴は、最上位のストレージとして“SANRISE USP”を利用し、下位の層のストレージを、SANRISE USPのバーチャリゼーション機能を用いて接続する点である(図8参照)。

データライフサイクル管理の今後の動向としては、保管期間が、装置の寿命よりも長くなるようなケースに対応する技術の進展が考えられる。この場合、新しい装置にデータを移行する必要があり、引き継ぎなどの整合性を保ちながら実行する必要がある。

3.2 動画像などの非DBデータ

近年のITシステムに格納される各種データの伸び率については、DBデータの伸びが、年率62%であるのに対し、非DBデータは年率92%伸びていると言われる。この要因は、インターネットの発展に伴い、ウェブデータやメールのような新分野のデータが急増しているためである。

特に容量を必要とするのは、動画像データである。これまで、動画像データの応用はビデオ配信システムであった。最近では、監視システムで動画像データを集中的に管理する動きが出てきている。

このようなビデオ配信システムや監視システムで使用

されるストレージシステムは、以下のような要件を満たす必要がある。まず、基本的な要件としては、低価格、大容量と高いデータ転送能力である。ストレージシステムでは膨大な動画データの格納が必要になるため、大容量化と低価格化は当然の要求である。また、リアルタイムに多数の動画データを転送するため、高いデータ転送能力が必要になる。さらに、動画データは転送がとざれると画像の品質が劣化してしまうため、それぞれの動画データの帯域を保証する技術を確立することが必要である。

3.3 オフィスのPCデータと個人データ

2001年米国ニューヨーク市での「9.11テロ」の際に起こった問題の一つに、オフィスのPCに格納していたデータが失われてしまったことがある。サーバなどの重要なデータは、すでに述べたリモートコピーが適用されており、バックアップセンターのシステムを利用して業務の再開は可能であった。一方、PCに関しては、このようなバックアップ手段がないため、回復の手だてがなかった。

現在の企業では、PCにも重要な多くのデータが格納されており、これらを失うことは、企業活動で大きな障害となる。このため、価格さえ妥当なものであれば、このようなデータをストレージシステムで管理して、一括したバックアップやディザスタリカバリを可能にしたいのは当然である。

これを可能にするのが、iSCSIの技術であると考えられる。FCのネットワーク基盤は、パソコンには高価であった。しかし、iSCSIになると通常のIPネットワークに接続するための価格になるためこの課題は一挙に解決する。

日立製作所のシステム開発研究所は、日本電信電話株式会社の研究所と共同で、このコンセプトを実現する新技術「ストレージ セントリック ネットワーク」の開発を進めてきた⁵⁾(図9参照)。この中では、日本電信電話株式会社がネットワーク技術を、日立製作所がストレージ技術をそれぞれ担当している。

さらに先の課題は、家庭や個人が持つデジタルデータの保管である。最近では、インターネットの発達やデジタル家電の普及により、多くの家庭でも、個人が大量のデジタルデータを保有するようになった。個人が作成したデジタルデータは、その個人にとっては、かけがえのないものである。したがって、妥当な価格で、これらのデータの管理を引き受ける機関があれば、個人データをデータセンターのストレージを用いて管理するサービスプロバイダー ビジネス(xSP)が成立すると考えられる。今後のインターネットのいっそうの発展やIPストレージ技

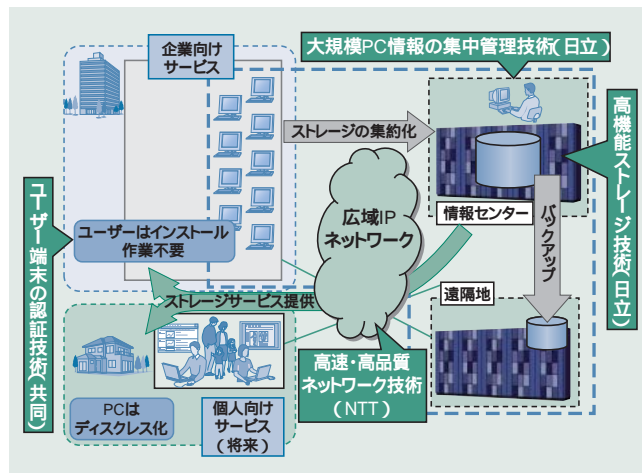


図9 ストレージ セントリック ネットワークの概要
企業における管理コスト削減、PCデータのディザスタリカバリ(災害復旧)対応、PC盗難などによる企業情報漏えいに対応する新技術「ストレージ セントリック ネットワーク」の概要を示す。

術、セキュリティ技術の発達により、このようなビジネスが成立する時代が到来すると考えられる。

4 おわりに

ここでは、高信頼集中ストレージシステムにおける技術展望と、今後新たに格納されると考えられるデータ、これらのデータを格納したときに必要となる機能、およびアーキテクチャについて述べた。

今後のIT社会の発展により、われわれの社会で生成されるデジタルデータは爆発的に増大し続けると予測される。高信頼集中ストレージシステムは、IT社会の中で、失ってはならない情報の安心で安全な格納庫という役割を担うため、今後ともきわめて重要な位置づけを占めることになる。

参考文献ほか

- 1) D. A. Patterson, et al.: A Case for Redundant Arrays of Inexpensive Disks (RAID). Proceedings of the International Conference on Management of Data (SIGMOD) (June 1988)
- 2) 毛塚, 外: DLCMを実現するプラットフォーム「SANRISE9500V」シリーズ, 日立評論, 87, 3, 277~280(2005.3)
- 3) 山本, 外: 日立製作所のストレージシステムとストレージリユージョンの最新動向, 日立評論, 87, 3, 293~296(2005.3)
- 4) 災害時でも確実かつスピーディーにビジネスを継続する「HiRDB Version 7」のディザスタリカバリ, 日立評論, 86, 1, 42(2004.1)
- 5) http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2003/11/1120a_1120a.pdf



執筆者紹介

山本 彰

1979年日立製作所入社、システム開発研究所情報プラットフォーム研究センターセンター長
現在、情報プラットフォームの研究開発に従事
工学博士
情報処理学会会員
E-mail: yamamo@sdl.hitachi.co.jp