

解説



日本におけるオペレーティングシステム研究の動向

1.1 分散 OS の研究動向[†]清水 謙 多 郎^{††}

1. 分散 OS の歴史

分散 OS の研究はもともと 3 つの流れがあったと考えられる。

1 つは、1970 年代後半のマルチマイクロプロセッサ上の OS の研究である。たとえば、Medusa, Roscoe, StarOS などの並列処理を支援する OS が開発された。低価格のマイクロプロセッサを多数集めて、大型機並みの性能を達成しようというのがこれらのシステムの目的である。特に、プロセス間通信、負荷分散などの技術に関する研究が盛んに行われた。

2 つ目は、OS の構成法の研究である。1970 年、すでに Brinch Hansen によって、OS の主な機能をカーネル外部のプロセスの集合で実現する、いわゆるマイクロカーネルに基づく構成法が提案され、このような構成の OS は、システムの変更・拡張を容易にし、分散システムに適することが主張されている¹⁾。しかし、このような構成法は、当時のハードウェア技術では十分な性能が得られず、その後プロセッサの処理能力の向上にもなって次第に実際のシステムとして実現されるようになった。

3 つ目は、XEROX PARC を中心とする LAN 上のファイルサーバの研究である。XEROX PARC では 1970 年代半ばよりファイルサーバの研究が行われ、その後、多くの大学、研究所でファイルサーバや分散ファイルシステムの研究が行われるようになった。ファイルサービスは、OS が提供するサービスの中で特に基本的かつ重要なものであるため、初期の分散 OS においては、単

一マシン上と同様のファイル共有の実現や信頼性の向上に重点を置いたものが多数存在した^{2),3)}。これに対し、Sun Microsystems 社の NFS は、既存の UNIX ファイルシステムとの統合、運用性、性能などの点で現実的な対応を行い、それによって UNIX を中心に広く利用されるようになった。今日の分散 OS は、独自のファイルシステムに加え、NFS を利用可能としているものが多い。

1980 年代に入り、ワークステーションを LAN で接続した分散システムが普及してくると、これを基盤とした分散 OS の研究が活発化してきた。たとえば、このような分散 OS の例として、LOCUS³⁾, Accent, V System⁴⁾, Chorus⁵⁾, Amoeba⁶⁾ などのシステムがあげられる。これらのシステムでは、上に述べた過去の研究の成果が統合され利用されている。分散 OS の可能性の実証と機能拡張の試みが盛んになされたのがこの時期の研究の特徴である。ネットワークを介した効率的なプロセス間通信、分散ファイルシステム、プログラムの遠隔実行とプロセス移送、共有仮想記憶など、分散 OS を特徴付ける主要な技術がこの時期盛んに研究され実装された。また、ネットワーク透過性（物理的な分散を意識させない性質）を達成し、これにより、シングルシステムイメージ（ユーザが分散システム全体を仮想的な 1 台のコンピュータとして利用できるようにすること）を実現することがこれらのシステムの重要な設計目標であった。

2. 分散 OS の現状

1980 年代後半になると、UNIX の普及にとともに、UNIX との互換性や相互接続性が求められるようになる。1986 年に開発された Mach⁷⁾ は、開発当初より UNIX との互換性を持ち、その後マイクロカーネルを基礎とした UNIX のエ

[†] Recent Trends in Distributed Operating Systems Researches by Kentaro SHIMIZU (Department of Computer Science, The University of Electro-Communications).

^{††} 電気通信大学情報工学科

ミュレーション機能を持つようになった。そのほか、ChorusやV Systemでもマイクロカーネルを基礎としたUNIXのエミュレーション機能が実現された。これらのシステムでは、UNIX上で開発したプログラムを再コンパイルすることなく、オブジェクトプログラム・レベルでそのまま実行することを可能にしている。MachはOSF/1、IBMのWorkplace OSのカーネルとして採用され、現在では、UNIXに限らず既存のOSが利用できるオープンな環境が実現されている。

1980年代後半以降は、分散OSの研究な様々な方向に発展していった。Sprite⁹⁾は、データや名前のキャッシングによるファイルシステムの性能向上、ログ構造ファイルの実現、ネットワーク透過なプロセス移送の実現に特徴を持つ。DASH⁹⁾は、大規模分散システムへの対応を目指した。Clouds¹⁰⁾は、スレッドと永続的な受動オブジェクトを構成要素とするプログラミングモデルを導入した。Mach、Chorus、Amoeba、Cloudsなどのシステムでは、OSが提供するオブジェクトを効率的に利用するためのオブジェクト指向プログラミング言語の研究が行われている。Plan 9¹¹⁾は、UNIXの設計思想を重視し、すべての資源をファイルとして扱う徹底した操作インタフェースの統一化を目指したシステムである。また、マルチプロセッサの普及にとともに、多くのシステムで、分散処理だけでなく、マルチプロセッシング機能にも重点が置かれるようになった。

国内において、分散OSの研究が盛んに行われるようになったのもこの時期である。Galaxyは、スケーラビリティに重点を置きつつ、徹底したネットワーク透過性の実現を目的とした分散

OSである。XEROは、実行環境の永続化、カーネル/ユーザ協調方式のスレッドの機能を実現し、またオブジェクト指向データベースに適したファイル構造を実現した。ToMは、柔軟なプログラミングモデル、ファイルシステムなどに特徴を持つ。

現在、分散OSの研究・開発の対象は、高速のネットワークで結合された(大規模)分散メモリ型マルチプロセッサシステムに移行してきており、その上での負荷分散、共有仮想記憶、並列入出力に関する研究が盛んに行われている。特に多数の資源を分散して管理し割り当てる方式、スケーラビリティ、耐故障性などが重要な論点となっている。一方、従来の分散システムに対しても、広域分散、異種分散への柔軟な対応、セキュリティ、システム構成法に関する研究が行われている。

3. 分散処理サービスの実現レベル

図-1は、分散システムにおけるソフトウェアの階層を示したものである。

分散OSは、OSレベルから広範な分散処理サービスをネットワーク透過な形で提供しようというものである。分散処理サービスの実現レベルとして、まず、カーネルがそのほとんどを実現する方式がある。この方式は、局所的なサービスも分散処理サービスも効率的に実行できるが、システムの構成の柔軟性は低い。このような分散OSの例として、LOCUS、Spriteなどがある。これに対し、マイクロカーネルに基づくシステムは、システム構成が柔軟であるという特徴を持つ。このうち、V System、Amoebaなどは、マイクロカーネルがネットワークを介したメッセージ受渡しおよびその他の分散処理サービスを実現し、分散

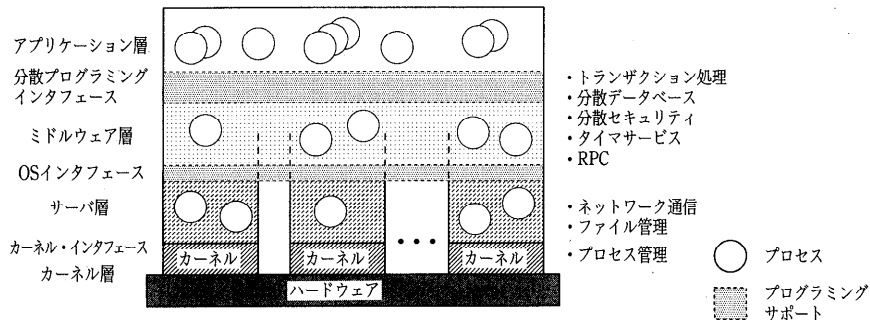


図-1 分散システムのソフトウェア階層の例

処理の徹底した効率向上を図っている。一方、Mach や Chorus では、マイクロカーネル自身いっさい分散処理機能を持たせていない。分散処理サービスよりも局所的なサービスの性能を重視する方針をとっている。

商用ベースのシステムでは、分散処理機能を OS とアプリケーションプログラムの間中に位置するミドルウェアにおいて実現するアプローチが主流となってきている。近年特に、オープンシステムの構築において、「OS レベルでの仕様の統一は現実的ではなく、特定の実現方式をとる OS 間でのみ高度な分散処理サービスが提供されることは意味がない。むしろ OS の多様性を認め、既存の様々な OS の上（ネットワーク OS、分散 OS を含む）の上に、ミドルウェア・レベルで共通の分散コンピューティング環境を実現し、仕様の共通化・統一化を図っていこう」という動きが活発化してきた。提供されるサービスとしては、基本的なネーミング、ネットワーク管理、トランザクション処理、オブジェクト管理など比較的上位のサービスがあげられる。このようなミドルウェアの代表例として OSF の分散コンピューティング環境（DCE, Distributed Computing Environment）、OMG の CORBA (Common Object Request Broker Architecture) などがある。これらは、ヘテロな OS 基盤の上で、アプリケーション・プログラムの相互運用性を実現することを目的とする。こうしたミドルウェアにも、これまでの分散 OS の技術が生かされている。

参 考 文 献

- 1) Brinch-Hansen, P.: The Nucleus of a Multi programmed System, Comm. ACM, Vol. 13, No. 4, pp. 238-250 (1970).
- 2) Svobodova, L.: File Servers for Network-

Based Distributed Systems, ACM Comput. Surv., Vol. 16, No. 4, pp. 353-398 (1984).

- 3) Popek, G. J. and Walker, B. J.: The LOCUS Distributed System Architecture, The MIT Press (1985).
- 4) Cheriton, D. R.: The V Distributed System, Comm. ACM, Vol. 31, No. 3, pp. 314-333 (1988).
- 5) Rozeir, M.: Overview of the Chorus Distributed Operating System, Proc. USENIX Workshop Micro-Kernels and Other Kernel Architectures, pp. 39-69 (1992).
- 6) Tanenbaum, A. S.: Distributed Operating Systems, Prentice Hall (1994).
- 7) Accetta, M., et al.: Mach: A New Kernel Foundation for UNIX Development, Proc. Summer 1986 USENIX Conf., pp. 93-112 (1986).
- 8) Ousterhout, J. K. et al.: The Sprite Network Operating System, IEEE Computer, Vol. 21, No. 2, pp. 23-36 (1988).
- 9) Anderson, D. P. and Ferrari, D.: The DASH Project: An Overview, UCB/CSD 88/405 (1988).
- 10) Dasgupta, P. et al.: The Clouds Distributed Operating System, IEEE Computer, Vol. 24, No. 11, pp. 34-44 (1991).
- 11) Presotto, D.: Plan9, A Distributed System, Proc. USENIX Workshop Micro-kernels and Other Kernel Architectures, pp. 31-37 (1992).

(平成 7 年 5 月 24 日受付)



清水謙多郎 (正会員)

1957 年生。1980 年東京大学理学部情報科学科卒業。1985 年同大学院理学系研究科博士課程修了。理学博士。東京大学理学部助手などを経て、1991 年より電気通信大学助教授。オペレーティングシステム、並列/分散処理の研究に従事。著書「オペレーティングシステム」(岩波書店)、「分散オペレーティングシステム」(共立出版、共著)など。本会論文誌編集委員。ACM, IEEE, 電子情報通信学会, ソフトウェア学会各会員。