

Realtime UNIX “UNOS” and Its Application



桜田 和之
Kazuyuki Sakurada
新事業本部 システム・
エレクトロニクス事業
部技術部 主査(課長)



黒岩 恵
Satoshi Kuroiwa
トヨタ自動車㈱ FAシ
ステム部 次長



岩城 研介
Kensuke Iwaki
伊藤忠テクノサイエン
ス㈱ 第2システム事
業部データシステム営
業部長



関川 修
Osamu Sekigawa
エス・ティ・ティ中央
テレコンネット㈱ 技
術部 課長

要旨

川崎製鉄㈱が、1988年10月より販売を開始したスーパーマイクロコンピュータ「ユニバース」は、リアルタイム UNIX「UNOS」をオペレーティングシステムとして搭載するコンピュータである。

UNOSは、UNIX System Vとの互換性を保ちつつも、独自のリアルタイム・カーネルとファイルシステムを装備しているため、リアルタイム応答性と信頼性を要求する商業ベース・アプリケーションに適している。

UNOSを用いた適用事例の多くは、システム内にデータベースを保有し、多数の入出力回線を介して頻繁にデータの書き換え・読み出しを行うオンライン・トランザクション処理分野のアプリケーションである。

Synopsis:

Kawasaki Steel Corporation launched the Universe super-micro-computer family of systems to the Japanese market in October 1988. The Universe systems run under the operating system, UNOS, which is compatible with AT&T UNIX System V. The UNOS is an entirely independent operating system developed to provide capabilities beyond the limited realtime and file system capabilities of standard UNIX. Such extensions are essential in commercially based applications which require prompt response and high reliability. Since its introduction to Japan, the UNOS operating system has been meeting a large number of realtime application needs. Typical application of UNOS is online transaction processing in which database resides and exchanges its data frequently through multiple I/O ports.

1 緒 言

コンピュータの標準的なオペレーティングシステム(OS)であるUNIX^{*2}の商業ベース・アプリケーションへの適用が始まったのは、ほんのここ数年のことである。20年以上にわたるUNIXの長い歴史に比して商業ベースへの適用が遅れたのにはいくつかの理由があるが、なかでも特にUNIXそのものにまつわる信頼性の問題を挙げることができる。

UNIXが提供するサービスレベルと市場ニーズとの乖離を埋めるために、川崎製鉄は、トータルソリューションと信頼性を重視するリアルタイムUNIX「UNOS^{*3}」を基本OSとするスーパーマイクロコンピュータ(商品名ユニバース^{*4})を市場に提供してきている。

本報告は、UNOSの特徴を一般のUNIXとの比較から新たな視点で論じ、その商業ベース・アプリケーションへの適用とその成果をいくつかの代表的な事例に基づいて紹介するものである。

2 リアルタイム UNIX「UNOS」

2.1 UNOSの開発目的

UNIXの起源は、米国ベル研究所のKen Thompsonが1969年にコンピュータゲーム「スペーストラベル」をDECのPDP-7上に移植する過程で実現したものに始まる。その後、UNIXバージョン6の発表(1974年)、UNIX System Vの発表(1983年)を経て、現在では、ワークステーションから大型機に至る広い範囲で標準的なOSとしてUNIXは使用されている。

UNIXは、マルチユーザ・マルチタスクの環境を提供し、オペレータと計算機が対話型でやり取りのできる機能を提供している¹⁾。その基本設計思想は、システムが保有する資源(ハードウェアおよ

^{*1} 平成3年11月12日原稿受付

^{*2} UNIXオペレーティングシステムはUNIX System Laboratories, Inc.が開発し、ライセンスしている。

^{*3} UNOSオペレーティングシステムはCharles River Data Systems, Inc.が開発し、ライセンスしている。

^{*4} UniverseはCharles River Data Systems, Inc.が登録商標を有するコンピュータであり、川崎製鉄(株)が日本国内において独占販売している。

びソフトウェア)をすべてのユーザに対して平等に割り当てるといふ点にある。そのために、タイムシェアリングでサービスを提供する方式が採用されてきた²⁾。

しかし、計算機支援による設計やソフトウェア開発など、研究開発部門への適用の場面ではそれでもよかったのだが、緊急性や重要性の面で多様化した複数のプロセスが1個のシステムに内在する商業ベース・アプリケーションに対しては、すべてのプロセスに対して画一的な扱いを行う従来型 UNIX では適切な対応を図ることができないでいた。

UNOS は、このような従来の UNIX の欠点を補う目的で、ベル研究所の UNIX 開発メンバーであった Jeff Goldberg を中心とするグループによって開発されたリアルタイム UNIX で、米国の Charles River Data Systems 社から、1981年に初版が発表された³⁾。

その後 UNOS には、川崎製鉄の手によって、日本語化処理機能やウインドウ表示機能、各種の LAN 対応機能などが付加された。

UNOS は、UNIX System V との互換性を維持 (SVID 第2版に準拠⁴⁾)しながらも、一般の UNIX との技術的差別性を以下の点で狙っている。

- (1) 従来の UNIX が対応できなかった I/O バウンドなアプリケーションに対しても十分対応できるように、独自のプロセス優先度管理機構を装備している。
- (2) システムがシステムコールを実行中であっても、外部割込み処理が受け付けられるように、カーネル (OS の核になる部分) がリアルタイム処理対応になっている。
- (3) マルチタスク処理のシステムが容易に構築できるように、プロセス間同期処理の機能が強化されている。
- (4) 信頼性が高く、高速アクセスが可能なファイルシステムを装備している。
- (5) 分散処理によって全体のスループットが向上できるよう、マルチプロセッサ・システムを可能にしている。

2.2 プロセスの優先度管理

実際の場面では、技術計算や CAD のアプリケーションのように処理中に I/O アクセスが頻繁には発生しないプロセスと、トランザクション処理のように I/O アクセスが頻繁に発生するプロセスが同一システム内に共存することが多い。ここでは、前者を「CPU バウンド」なプロセス、後者を「I/O バウンド」なプロセスと呼ぶことにする。

CPU バウンドなプロセスでは、処理のスループットは計算機の命令実行速度に依存するので、頻繁なプロセス切替えはできるだけ避けて、プロセスがいったん起動されたなら処理を完了するまで実行を継続することが望ましい。しかしこのプロセスには、外界からの割込みに対して即座に回答することは期待されていないので、起動要求時に実行権を奪うための優先レベルは低くても構わない。

これに対して、I/O バウンドなプロセスでは、外界からの割込みに対して速やかな応答が必要とされるので、CPU 資源の占有時間は短くても、起動要求時に実行権を奪うための優先レベルは高く保たねばならない。

現実の個々のプロセスは、CPU バウンドな面と I/O バウンドな面の両者を兼ね備えており、両者の強弱の程度が異なっているのが一般的である。個々のプロセスを管理しているのはカーネルであるので、おのおののプロセスの固有特性を観測し、その結果に基づいてプロセスの動作をコントロールできるカーネルがあれば理想的である。

UNOS のプロセス管理はまさにこのような要求に基づいて開発

されたものである。一般の UNIX では、すべてのプロセスをいわば CPU バウンドなプロセスとみなして管理しているので、I/O バウンドなプロセスの処理に必要な応答性が犠牲になっている。

Fig. 1 と 2 は、CPU バウンドなプロセスと I/O バウンドなプロセスについて、UNOS のプロセス管理によってその優先レベルが自動調節されていく様子を例示したものである。

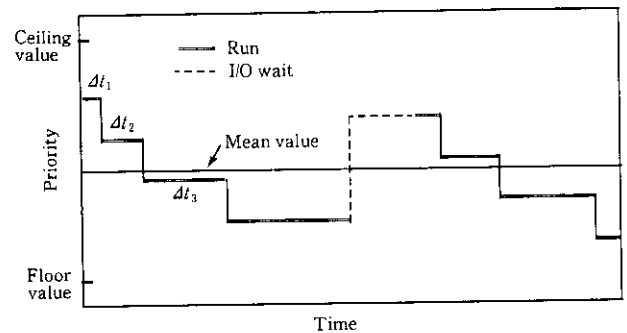


Fig. 1 Priority behavior of CPU bound process

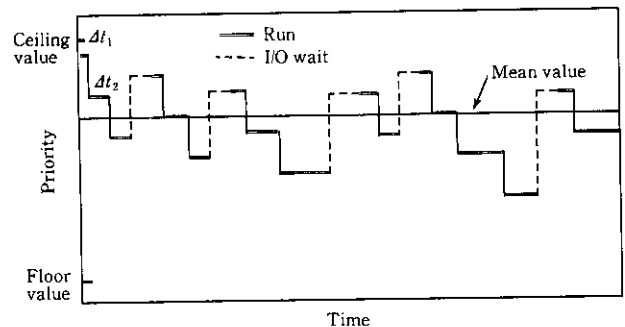


Fig. 2 Priority behavior of I/O bound process

プロセス優先レベルは、その関数である時間間隔 Δt ごとに、システム固有の所定値だけ低減されていく。当然のことながら、上限値と下限値を同一値に設定すれば、プロセス優先レベルを常時固定化することも可能である。 Δt は量子化時間 (quantum time) と呼ばれるものであり、その時間経過ごとにスケジューラが起動される仕組みになっている。

Δt 時間内に I/O 待ちが発生すると、そのプロセスは休止し、プロセス優先レベルが現在値と設定上限値との中間値に修復され、スケジューラが起動され、他のプロセスに実行権が渡される。

Δt 時間内に I/O 待ちが発生しなくても、 Δt タイムアップ時にはスケジューラが起動され、他に優先レベルの高い起動待ちプロセスがあればプロセス実行権は移行することになる。

UNOS の場合、時間間隔 Δt は、プロセス優先レベルの関数であって、高い優先レベルでは Δt は小さく (最小値 20 ms)、低い優先レベルでは Δt は大きく (最大値 4 s) なるように設定される。

I/O バウンドなプロセスの優先レベルは、CPU バウンドなプロセスのそれよりも平均的に高いレベルに自動調節され、CPU バウンドなプロセスは、他からの I/O 割込みによるプロセス切替えがなければ、長時間にわたって CPU を占有することが図から分かる。

2.3 リアルタイム・カーネル

UNOS がリアルタイム UNIX と呼ばれる理由は、プロセス切替

えのためのスケジューリング処理が、割込みに対して即座に実行される点にある。

UNOS への割込みは、

- (1) tty 割込みのような外部ハードウェアからの割込み
- (2) 例外的な異常割込み
- (3) システムコールに起因するトラップ割込み

の三つのカテゴリーに大きく分けることができる。UNOS にはこれらのおおのの割込みに応じた割込みハンドラが準備されており、割込みハンドラの実行終了時にスケジューラが起動されるようになっている。スケジューラでは、先に述べたプロセスの優先レベルが比較され、起動待機しているプロセスの中で最も優先レベルの高いプロセスに CPU 資源が割り当てられる。すなわち、従来の UNIX と大きく異なるのは、割込みハンドラの実行終了時にスケジューラが必ず起動される点にあり、この仕組みによって、カーネルがシステムコールを実行中であってもプロセス切替えを行うことができるなどのリアルタイム処理が実現している。

2.4 プロセス間同期機構

一般に CPU バウンドなアプリケーションでは、おのおののプロセスは互いに自由に束縛のない動きをすることが多いが、I/O バウンドなアプリケーションでは、おのおののプロセスは相互にタイミングを取り合って動くことが多い。

おのおののプロセスが相互にタイミングを取り合って動作するためには、カーネルを介してのプロセス間同期機構が必要である。

一般に、UNIX には「シグナル」という同期機構が存在するが、32 個あるシグナルのほとんどはシステムによって既に定義済みであり、ユーザプロセスが自由に使える範囲は狭い。そのため、メッセージ・キュー等の「プロセス間通信機能」を用いて同期機構を実現するのが一般的である。しかし、このような方式では、カーネルによって多くの内部テーブルが綿密にチェックされることが要求されるので、同期処理に費やす時間が長くなり、リアルタイム性が損なわれるという問題があった。

この問題を解決するために、「イベントカウント」という新しい機能が UNOS では導入されている。

イベントカウント (EC) は、32 ビットの整数型カウンタとポインタで構成されるメモリ常駐の特殊ファイルである。EC には、ユーザが自由に使える EC、UNOS カーネルが内部で使う EC、デバイスドライバで使う EC の 3 種類があるが、基本的な仕組みは同様で、Fig. 3 のようになっている。

EC 内のカウンタ値は、ecadvance () システムコールの実行に

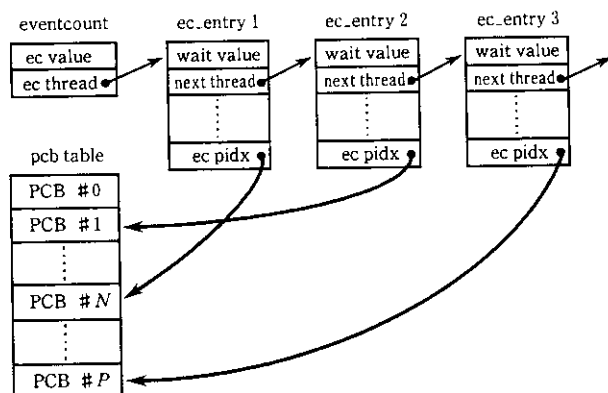


Fig. 3 Internal mechanism of eventcount (EC)

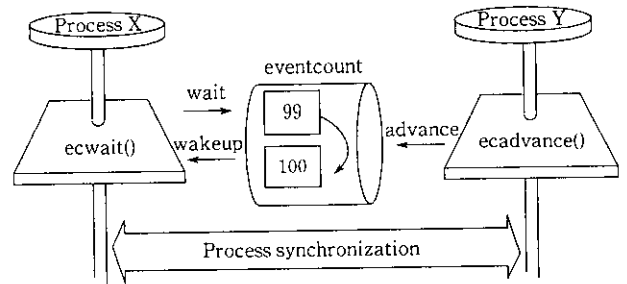


Fig. 4 Process synchronization mechanism

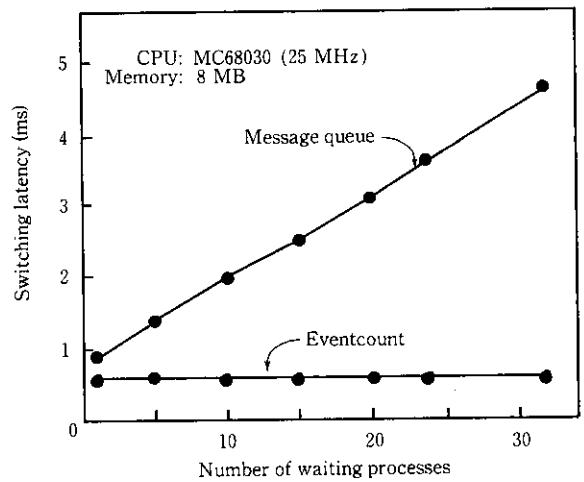


Fig. 5 Process switching latency

よって一つずつカウントアップされ、ポインタ値が指し示す ec_entry テーブル内の待ち値 (wait value) と EC 値 (ec value) とが一致したなら、当該 ec_entry テーブルから指示される PCB (process control block) テーブル内の状態フラグが書き替えられ、目的のプロセスが起動待ち状態に移移する。その後、スケジューラに実行権が移り、目的のプロセスが起動される仕組みになっている。ec_entry テーブルは、UNOS がテーブルサーチに費やす時間が最も短くてすむように、待ち値の小さい順にチェイニング (chaining) されている。EC を用いてプロセス X と Y が同期化されるメカニズムの例を Fig. 4 に示す。この例では、EC 値が 100 になるまで待ち状態であるようにプログラムされたプロセス X が、プロセス Y によって EC 値が増加されて再起動 (wakeup) される様子を概念図として示している。

Fig. 5 は、UNOS の EC 機能とメッセージ・キュー機能について、プロセス切替え処理性能を比較試験した結果である。試験は、所定数のプロセスを起動待ち状態にして、起動待ち状態のプロセスを順次起動後に再度起動待ち状態にしていくときのプロセス切替え所要時間を計測するものである。

起動待ちプロセス数が増えると、メッセージ・キューを用いたプロセス切替え所要時間は増加するが、EC を用いてのプロセス切替え所要時間は変化しないことが分かる。メッセージ・キュー機能は一般の UNIX にも存在するが、UNOS 独自の EC 機能を用いることによって、容易にかつ高速にプロセス間同期処理を実現することができる。

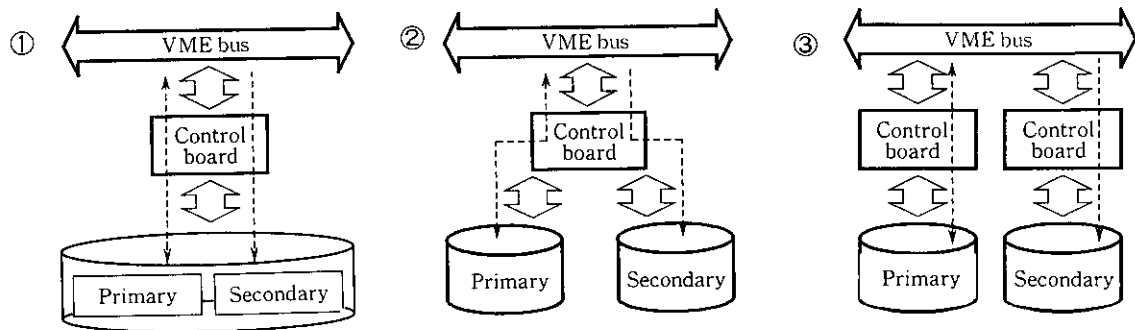


Fig. 6 Logical pairing between two disk partitions

2.5 ファイルシステム

UNOS のファイルシステムは、いくつかのユニークな特徴によって性能と信頼性を高めている。磁気ディスクをアクセスするときの性能向上策として連続化ファイル (contiguous file) や二重階層のディスク・キャッシュ機構 (scatter gather) があり、信頼性向上策としてディスクの二重化機構などがある。

紙面の都合上、磁気ディスクの二重化機構 (disk shadowing) をここでは紹介するにとどめる。これは、二つのディスク・パーティション間に論理的ペアリングを設定して並列的にデータの更新を行うことにより、ハードウェア障害による磁気ディスクからの損失を防止するものである。もしも主パーティションに障害が発生したなら、補助パーティションを主パーティションに自動的に切り換えて、処理を続行することができる。

障害への対応レベルに応じて、Fig. 6 に示す三つの方式からの選択が可能である。

3 ユニバース・コンピュータ

ユニバース (UNIVERSE) は、Motorolla 社の 32 ビット・CISC 型マイクロプロセッサ (MC 680 XX) を搭載し、標準 I/O バスに VME バスを採用したコンピュータ・プラットフォームである。

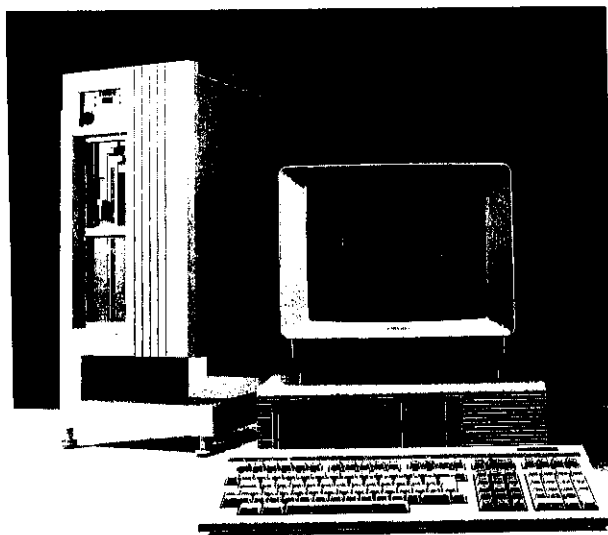


Photo 1 Universe 400 (left) and Universe 200 (right)

最高演算性能のものは、MC 68040 (25 MHz) チップを搭載しており、ドライストーン値で $29\,050\text{ s}^{-1}$ の実測データが得られている。なお、MC 68030 (25 MHz) チップを搭載したもののドライストーン実測値は $4\,950\text{ s}^{-1}$ である。

ユニバースは、OS として UNOS を動作させるに適した環境を提供している。特に、機能分散型の I/O プロセッサによって、磁気ディスクや通信ネットワークへのアクセス性能に優れている。

ユニバースが対応する通信機能には、各種のシリアル通信機能に加えて、TCP/IP やフル MAP、ミニ MAP などの業界標準 LAN がある。さらに、我が国の自動車業界が中心になって推進しているフィールドバス用 LAN である「ME-NET」⁵⁾ に対しても、対応がなされている。これらネットワーク機能の多くは、システムに高信頼性が要求されるファクトリー・オートメーション分野への適用を目的として、川崎製鉄によって開発がなされたものである。

川崎製鉄では、1988 年 10 月よりユニバース (Photo 1) の販売を行っている。

4 データベース処理性能評価

商業ベースのアプリケーションに対応するためには、データベース管理システム (DBMS) の機能は必須であるが、ユニバースコンピュータは、業界で最も流通しているリレーショナル DBMS である informix ソフトウェア⁶⁾ (米国 Informix 社製) の日本語版をサポートしている。

informix は、サーバ・クライアント方式に構成されており、クライアント・ソフトウェアとデータベース・エンジン部であるサーバとの間は ANSI (米国規格協会) 規定標準クエリ言語のスーパーセットである SQL コマンドで通信がなされる。この通信はネットワークを介して行うこともでき、分散処理が可能である。

サーバは複数のクライアントからのアクセスを受け付けるので、そのプロセス特性には I/O バウンド性が強く、その処理性能はシステム全体のスループットに大きく影響を及ぼす。

また、informix には、インデクスと呼ばれるツリー構造のファイルが存在し、それに含まれるポインタ値にしたがって次々とインデクスをたどって目的とするデータへのアクセスを高速化しているのであるが、インデクスは磁気ディスクに格納されるために、ディスク I/O へのアクセス性能によっても、サーバの処理性能は大きく影響を受ける。

Fig. 7 は、ユニバースコンピュータ (3.2 MIPS の MC 68030 搭載) と市販の他社製 UNIX ワークステーション (17 MIPS の RISC チップ搭載のもので図中では workstation S と表記) 上で、同一バージョンの informix-SQL (2.10.03 C 版) を動作させたときの処理

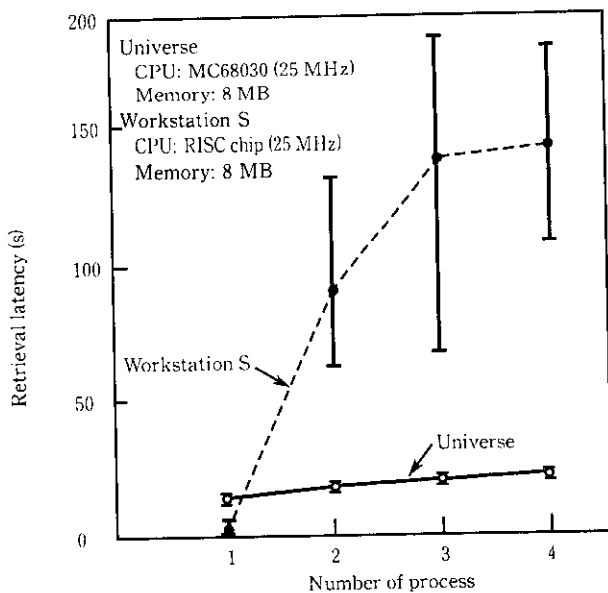


Fig. 7 Comparison of informix benchmark test's results between the Universe computer and a workstation widely used in the market

性能を比較調査した結果である。このベンチマークテストでは、同一のデータベース表に対して、目的の条件に合うデータを、複数のクライアントが検索するのに要する時間をおおの5回計測し、その平均処理時間、最大処理時間および最小処理時間をまとめている。

図から明らかなように、クライアント数が増えると両者の間に顕著な性能差が認められる。すなわち、クライアントが複数になると、UNOS搭載のユニバースの方が、MIPS値の大きな市販の他社製UNIXワークステーションの処理能力よりも勝るという事実である。さらに、UNOS搭載のユニバースの方が処理時間のバラツキが小さく、処理時間を的確に事前予測することができる。

両者のこの顕著な差は、UNOSと一般的なUNIXとのリアルタイム処理性能差の一面をとらえたものと考えることができる。

5 適用事例

これまで述べてきたことから、UNOSは、そのリアルタイム・カーネルと独自のプライオリティ・スケジューリングによって、多くのI/Oからの高頻度な割り込み処理を、状況に応じて最適にこなすことのできるOSであることが分かる。

またこのような特徴に加えて、ファイル処理の高速化および高信頼性によって、データベース処理にも適したOSである。

したがってUNOSを実際に適用するにあたっては、その特徴を十分に生かすことのできる用途を選択するのが望ましい。このような用途は、一般にOLTP (online transaction processing)⁷⁾と呼ばれる。

OLTPとは、システム加入端末から発生した取引データやメッセージを、必要なデータベースに対してリアルタイムに更新あるいは照会を行う処理システムである。

以下に、UNOSを実際に適用したOLTPアプリケーションの中で代表的な事例をいくつか紹介する(紙面の都合上ここで紹介できなかった事例^{8)~11)}については、参考文献を参照されたい。

5.1 自動車用部品生産管理システムの事例

自動車は一般に5万点の部品から構成されているともいわれ、それらの部品の組み合わせで等速ジョイントやデファレンシャルギヤなどの機能部品と呼ばれる意味ある部品が構成される。これら重要な機能部品の多くは自動車メーカー自身で内製されることが多いが、自動車の頻繁なモデルチェンジや多品種化で、たえず新規登録が発生し、その生産ラインは典型的な多品種生産ラインとなっている。

ここで紹介するシステムは、トヨタ自動車㈱が、受注量変動の激しい超多品種少量生産の自社内自動車部品生産工程に向け、受発注の最適化、生産進捗管理、在庫管理を行う目的で開発したものである。

システムは、製品の納期変更や数量変更にも、あるいは将来のシステム拡張にも柔軟に対応できるように、LANによってネットワーク化された複数台のユニバースコンピュータとパソコンによって分散処理される構成 (Fig. 8) となっている。

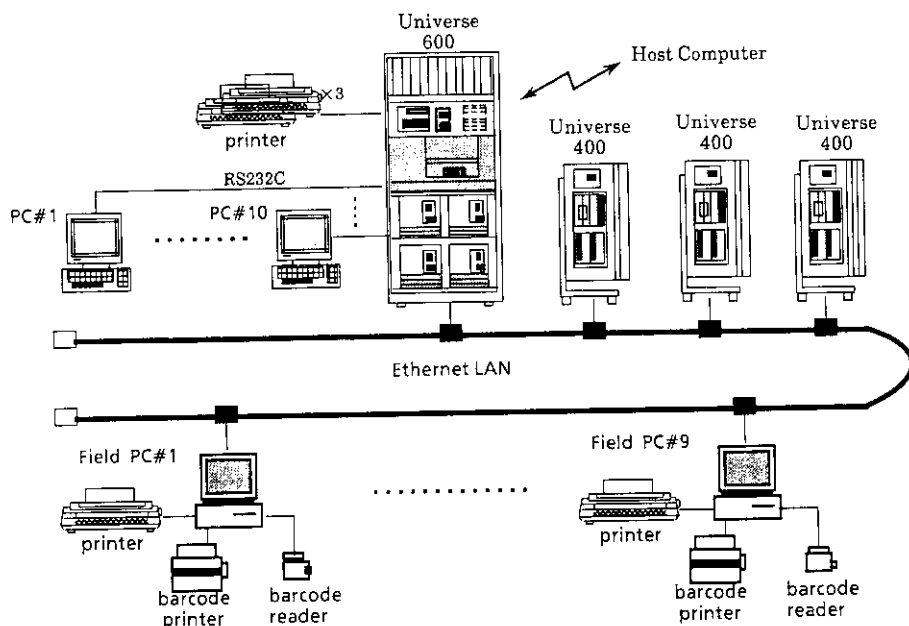


Fig. 8 Computer system of automobile parts manufacturing shop

ホストコンピュータ (IBM 3090) から送られてくる日々の受注情報にしたがって、最適な部品加工と発注の指示が行われ、その結果としての生産実績がホストコンピュータに返される。

事務ハウスでは、機能部品を構成する部品表や標準工程表のデータベースへの登録や生産手配帳票の自動出力が行われる。

工場現場では、個々の部品の受注・在庫・生産計画 (発注計画) を対比した最適化が各ラインごとに処理されたとともに、加工指示と生産実績収集がバーコード管理シートを用いて行われる。

データベースには informix が採用され、多くのデータベース表の登録、結合、検索などの処理を行う複雑なソフトウェアの開発が容易に実現できている。受注・在庫・生産計画 (発注計画) の対比処理演算がデータベースをアクセスしながら繰り返し行われるが、第4章に紹介した UNOS のデータベースアクセスの高速性が処理時間短縮に役立っている。一つのデータベース表に複数のクライアント・アプリケーションが同時にアクセスしても、informix の排他処理機能によって整合性のとれた処理がなされる。

5.2 データエントリシステムの事例

データエントリシステムは、高度情報化社会において中心的役割を果たす各種データを、コンピュータが扱える形に変換することを目的とするデータ入力システムである。

一般に、データエントリの業界は、顧客からの依頼によって入力業務を代行するサービス業者と、自社で入力業務を行うインハウス・ユーザによって構成されているが、昨今、需要家の扱うデータ量が急増してきたのに伴い、入力端末数の多い大規模データエントリシステムへとシステム拡張のニーズが高まってきている。

伊藤忠テクノサイエンス㈱は、長年にわたってデータエントリシステムを販売してきたが、このような市場ニーズに対応できるシステムを新たに開発し、商品名 G-5EX で販売している。

G-5EX は、ユニバースコンピュータをホストとし、それに特殊漢字キーボード仕様のオペレータ用端末をシリアル通信で多数台接続するのを一般的なシステム構成としている。エントリされたデー



Photo 2 View of Data Entry Center office (by courtesy of Densan Corp.)

タは、磁気テープあるいは光ディスクなどにまとめて出力される。

オペレータによって端末から入力されたキーコードは、シリアル回線を通して、ユニバースコンピュータ内の I/O プロセッサカード、VME バスを経て、主 CPU に至る。主 CPU では複数のキーコードに対応した漢字変換処理がなされ、所定の漢字コードが発信元の端末に返信され、ディスプレイに表示される。オペレータ 1 人のキーストロークピッチは、平均値で毎秒 5 回、最大値で毎秒 10 回といわれており、G-5EX は、このような条件下でも最大 50 台のオペレータ端末をサポートできることが実証されている。

Photo 2 は、株式会社電算のデータエントリセンターにおける業務風景である。

5.3 テレコントロールシステムの事例

テレコントロールシステムは、公共事業としてのガス、水道、電

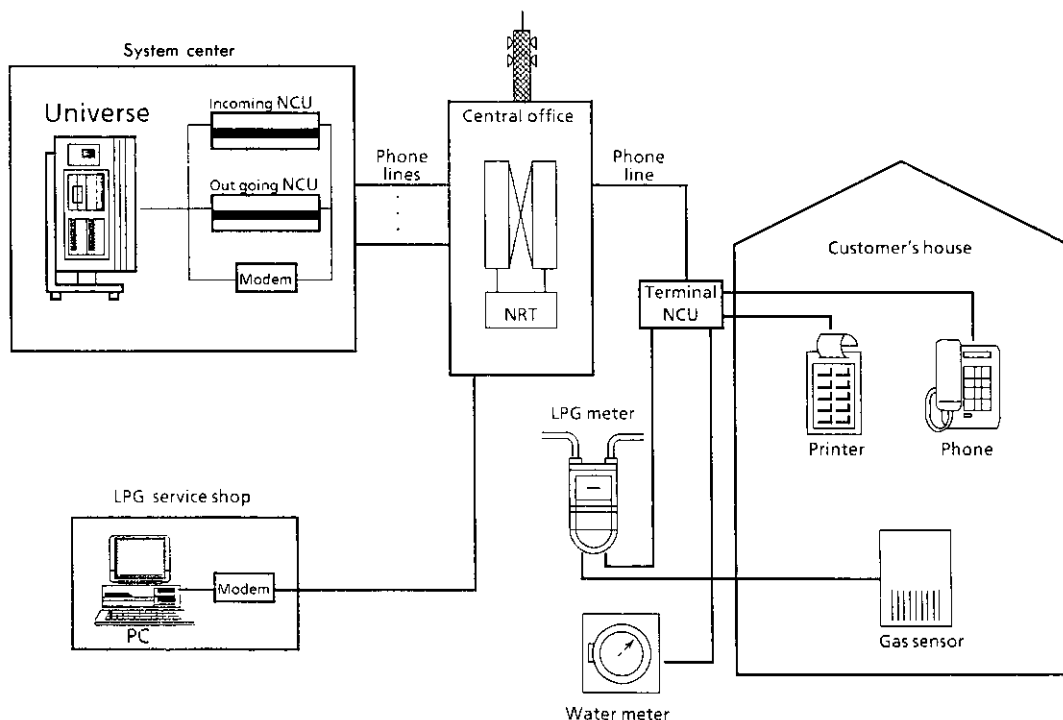


Fig. 9 Configuration of telecontrol system

気などの消費メータの検針を電話回線を利用して行うテレメータリングシステムとして1969年にスタートした。

今日では、遠隔地の情報検索や情報収集、情報発信をオペレーティング代理的にコントロールしていくシステムとして位置づけられ、将来的にはテレメータVANシステムへと発展していくものと考えられている。

NTT中央テレコネット株式会社では、高度情報化社会におけるインフラストラクチャとしてテレコントロールシステムを位置付け、最も市場ニーズの高いLPガス業界に向けて、テレコントロールシステム（商品名：アテックス-L）の販売ならびにサービス業務をスタートさせた。

このシステムは、NTTのノーリンギング通信サービスを利用して、無鳴動で特定の端末を選択して着信すること（端末着信方式）によりメータ検針を行う。

システムの構成は概略Fig. 9のようになっている。テレコントロールセンタには、UNOSを搭載したユニバースコンピュータおよび発着信両用のセンタNCU（network control unit）、モデム等が設置される。各家庭には、センタとの通信制御およびガスメータ等を制御する端末NCUが取り付けられ、電話網を介して、センタNCUと交信がとられる。ガス販売店には、汎用のパソコンとプリンタが置かれ、電話回線を介して、センタのユニバースコンピュータとデータ送受信が行われる。

このシステムを用いると、ガス販売店の検針作業を自動化できるだけでなく、需要家宅に設置されたセンサで感知したガス漏れ等の異常を遠隔検知し、需要家宅のガス弁を緊急遮断するなどの遠隔制御もできる。

このシステムには広範囲な需要家宅を管理することが求められており、需要家レコード数は1センタで10万件の規模になる。したがって、データベースの検索・更新処理のリアルタイム化とファイル管理の高信頼化は必須であり、UNOSの特徴が生かされている。

6 結 言

UNIXは業界標準のOSとして揺るぎない地位を確立しつつあり、多くのアプリケーション・ソフトウェアがUNIXに対応して開発されている。

しかし、OLTPに代表される商業ベースのアプリケーションでは、CPUバウンドなプロセスとI/Oバウンドなプロセスが混在するので、スループットの高いシステムを実現するには、おのこのプロセス特性に合わせてコンピュータ資源を割り当てることのできるプロセス・スケジューリングの仕組みとリアルタイム処理の機能が必要となる。

このような機能を必要とする商業ベースのアプリケーションに対して、筆者らはリアルタイムUNIX「UNOS」を用いて実システムを構築し、以下の結論を得た。

- (1) データベースの検索・更新処理に対して、UNOSは一般のUNIXよりも高速かつバラツキの少ない処理時間を実現する。
- (2) 高頻度なI/O割込みに対し、UNOSは一般のUNIXよりもリアルタイムな追従性を維持することができる。
- (3) UNOSのイベントカウント機能は、プロセス間同期処理をリアルタイムかつ容易に実現するのに有用である。
- (4) 磁気ディスクの二重化機構など、高信頼化機能がUNOSには装備されており、これによって信頼性の高いシステムの構築が可能となる。

UNOSには、川崎製鉄の手によって日本語化と各種ネットワーク対応がなされ、ここに紹介した事例をはじめ多くの適用場面でその威力を発揮している。

今後、製造、金融、流通、通信等の業界において、OLTPアプリケーションへのUNIXの進出は目ざましいものがあるだろう。それ故、一般のUNIXにおいてもリアルタイム機能は強化される傾向にあるといえ¹²⁾、この分野での研究開発はますます進むことが期待される。

参 考 文 献

- 1) AT & T Corp.: UNIX System V User Reference Manual, (1984)
- 2) D. M. Ritchie and K. Thompson: "The UNIX Time-Sharing System," *The Bell Technical Journal*, 57 (1978) 6, Part 2
- 3) Charles River Data Systems, Inc.: "Universe VME Family Technical Overview", (1987)
- 4) AT & T Corp.: System V Interface Definition, (1985)
- 5) ME-NET 事務局: ME-NET 概要説明資料, Ver 1.0 Rev 1, (1991)
- 6) 株式会社インフォミクス: informix-SQL USER'S MANUAL, (1989)
- 7) J. Gray: Online Transaction Processing Systems, (1991), [McGraw-Hill]
- 8) 渡部 浩, 桜田和之: 「リアルタイム UNIX の FA への適用」, 自動化技術, 22 (1990) 6, 38-42
- 9) 鳥越英俊, 池田孝之, 細川孝信, 岡本修一, 森岡 泉: 「鋼板自動検査システムの概要」, 材料とプロセス, 4 (1991) 2, 326
- 10) 全日本空輸: ANA Flight Academy, (1990)
- 11) 中尾 修: 「ボイスリンクによるテレマーケティング戦略」, *Telemarketing Journal*, 4 (1991) 5, 35-42
- 12) UNIX International, Inc.: System V Road Map, (1991)