

パラダイムシフトと私の研究



研究ノート

西尾 章治郎*

Paradigm shift and my research

Key Words : Paradigm, VLSI, Network, Database, WWW

1. パラダイムシフト

科学史学者 Thomas S. Kuhn(トーマス・クーン)はその著書「科学革命の構造」で、パラダイムシフト(転換)と科学技術の発展について論じている。つまり、科学技術の発展の過程は、新しいパラダイムが古いパラダイムを凌駕し、それを置き換えていく過程であるというのである。ここで、パラダイムとは我々が共通に理解している一連の考え方のパターンである。

このように言われてみると読者の皆様も、各々の研究分野において思い当たる節が多々あるのではないかと想像される。筆者自身、データベースシステムを中心に情報システム工学の分野で研究をしてきたなかで、ハードウェアおよびソフトウェアの急速な発展により、従来当たり前のこととして採用していた前提条件が成り立たなくなってしまい、新たな状況・環境に応じてパラダイムシフトを迫られることをしばしば経験してきた。

本稿では、情報システム工学分野におけるパラダイムシフトの顕著なものを、ハードウェア

的なものからソフトウェア的なもの、言い換えれば、物理層からアプリケーション層へと順に紹介しながら、最後に筆者自身の研究テーマとの接点を紹介することにする。

2. VLSI 実装設計のパラダイムシフト

最初に、VLSI(超大規模集積回路)実装設計について考察してみる。超微細加工技術の着実な進歩により、集積回路の集積度は著しく増大し、21世紀初頭には、0.13~0.18 μm プロセスで、1平方センチのダイの上に1,800万ものトランジスタが集積可能だと言われている。また、動作周波数は500 MHzにも到達し、その実装設計はまさに困難を極めると予想される。

ご承知の通り、集積回路は各プロセスを層構造で折り重ねるように実装していくことにより、トランジスタをはじめとする基本素子を構成する。さらに、各素子の入出力端子を金属層で結合させることにより、所望の機能を実現している。すなわちその実装設計は、1) 素子をダイの中のどの位置に配置したらよいか、2) 素子間をどのように結合したらよいか、という二つの問題を解決することで実行されるわけである。

ここで、歴史を繙くと、集積回路の設計自動化に関する研究開発が行われるようになってから現在まで、上記の2問題は主に一次元もしくは二次元の幾何問題として取り扱われてきた。素子の配置は平面上に行われ、配線金属層も高々2~3層と、平面配線問題の組み合わせで対処できていたからである。

しかしながら、プロセス技術の発展は目覚し

*Shojiro NISHIO
1951年10月20日生
1980年京都大学大学院工学研究科
数理工学専攻博士課程修了
現在、大阪大学大学院工学研究科、
情報システム工学専攻、教授、
工学博士、情報ベース工学
TEL 06-879-7820
FAX 06-879-7815
E-Mail :
nishio@ise.eng.osaka-u.ac.jp



く、現在では配線層は4ないし5層、前述の21世紀初頭には7層程度が可能になると言われている。また、技術的に極めて困難であると考えられていた素子の積み重ねにも目処が立ち、二つの問題が2次元から3次元へと変貌しつつある。これは、例えば配線層間を縦方向に結合するビアは、容量/遅延が大きく、その位置が限定されるなど、問題の単なる次元拡張で対処できるものではなく、問題解決の新しい算法が必要不可欠となる。

これらに対するアプローチは、現在各所で検討されており、今後ますます複雑化するVLSI実装設計の分野においても、パラダイムシフトが期待できる。

3. アーキテクチャのパラダイム転換

WWW(World-Wide Web)は、そのインタフェースが一樣で使い易くほとんどのマシン環境で使えることや、世界中から情報を収集したり、世界中に情報を発信できることなどの長所から、老若男女を問わず爆発的に利用者が増え続けている。さらに最近では、データベースなどへの情報検索において、WWWのブラウザ機能がクライアントからの最も一般的なアクセスソフトウェアとして定着しつつある。その場合には、クライアントとデータベースサーバの中間に、「ネットワーク統合サーバ」とよばれる両者の仲立ちをするための重要な機能をもったソフトウェアモジュールを配置するのが通常になってきている。つまり、従来のクライアント、データベースサーバという2階層のシステムから、この新たな中間層を含む3層(three-tier)のアーキテクチャが形成されている。

このネットワーク統合サーバは、まさに企業における中間管理職のように、クライアントとデータベースサーバの中間に立ってさまざまな働きをする。例えば、WWWブラウザを通じてクライアントから発せられる多様なアクセス要求を、データベースへの問合せ言語として通常用いられているSQLに変換し、また、逆にデータベースから得られたデータをクライアントサイトでWWWブラウザを通じて参照できるようにする。また、従来のデータベース管理

システムの主要な役目である、関連する複数のアクセス要求をまとめて一つのトランザクションとして処理する機構を実現することも行っている。つまり、クライアントサイトがWWWブラウザをベースとした簡便なインタフェースを使えるようになった分、「汗をかいて一生懸命ジョブをこなす」中間層が必須になったわけである。

最近では、WWWをベースとした情報システムのみならず、移動(モバイル)型の情報システムにおいても、劣悪な無線通信環境とバックボーンの高速度・高信頼性の有線通信環境の相違を吸収するために、クライアントとサーバサイトの間に中間層の役割を果たすサイトを導入することが通常になってきている。このように情報システムの一般的なアーキテクチャに関して、従来の2階層から3階層へとパラダイムシフトが起きつつある。

4. ネットワークのパラダイムシフト

ネットワーク上にデータベースを分散配置し、自サイトのみならず遠隔サイトのデータにもアクセスしながらさまざまな処理を効率的に実行する分散データベースシステムの研究が盛んに行われてきた。

最近、ATM(非同期転送モード)技術に基づく広帯域ネットワークの整備によって、従来の分散データベースシステムの構築方法論を根底から見直す必要に迫られている。従来の分散データベースのトランザクション処理アルゴリズムは送信メッセージ数よりも処理のために必要な送信データ量を極力抑えることを目標にして設計された。しかし、広帯域ネットワークのもとでは、大量のデータ送信に要する時間と少量のデータ送信に要する時間の差が縮まり、むしろ、データの送信回数が処理性能に大きな影響を及ぼすことを考慮したアルゴリズムの設計が重要になる。

例えば、現在分散システムの同期アルゴリズムとして最も一般的に採用され、分散データベースシステムで複数サイトに配置された複製データを同時更新するのに用いられる2相コミットプロトコルを考えると、同報メッセージが4回

送受信される。広帯域ネットワークの場合は、このような複製を用いた手法よりも、複製データをもたずにデータベースそのものをオンデマンドで移動すれば、より少ない回数のデータ送受信で処理が完了し、場合によっては全体の処理時間をより短くすることが可能となる。つまり、従来からのトランザクション処理に関する規範が180度逆になってしまう可能性があり、パラダイムの転換が起こっている。

5. データモデルのパラダイム転換

データベースにおいて重要なデータモデルは、現実社会の対象物のコンピュータ上への「写し絵」と考えることができる。利用可能なコンピュータ環境で実現でき、しかも共有のデータモデルとして皆が納得できるようにいかに現実社会をモデル化するかという試みが、コンピュータの発達の過程とともになされてきた。まず木(tree)状にデータを表現する「階層モデル」、次により柔軟にネットワーク状にデータを表現した「ネットワークモデル」が提案され、その後に行き着いたモデルが、データを表(テーブル)形式で表現する「関係(リレーショナル)モデル」である。周知のように、この関係モデルはビジネスの分野を中心として現在でも一般的によく用いられている。

この関係モデルに対して、近年大きなパラダイム転換が起きつつある。関係モデルは、まず、対象となるデータを格納する枠(表)を厳密に定義し、次いでその枠にデータを入れていくという、非常に堅い(官僚主義的な)考えに基づくモデル化手法であった。それに対して、まず表現の対象物(オブジェクト)を中心に据え、その後、オブジェクト間の関連をまとめ上げて表現しようというオブジェクト指向のデータモデルが、1980年代の後半に提案され広まってきている。このモデルは、対象物に対する考え方が関係モデルとは対照的であり、データモデルにおけるデモクラシーとも考えられる。

このような柔軟なモデルが必要となった背景には、コンピュータの性能向上とプログラミング技術の発展により、データベースシステムの

応用分野がCAD/CAMなどの工学分野、さらにマルチメディア情報を扱う分野に拡大するに伴って、これらの応用分野では従来のビジネスの分野で用いられていた関係モデルでは構造が堅すぎて不都合が生じていたという切実な問題があったからである。

6. 私の研究テーマとの関連

本稿では、情報システム工学に関連した重要なパラダイムシフトについての紹介をしてきた。それらのうち、筆者の研究室では、VLSI以外のパラダイムシフト全般に関連して現在研究を進めている。3階層システムアーキテクチャについては、その概念に基づくさまざまな応用システムを構築している。また、ネットワークのパラダイムシフトに関連して、分散データベースシステムの運用・管理をするための基幹アルゴリズム全てを、「データベース移動」という概念のもとで新たに書き換えている。さらに、データモデルについては、構造的に柔軟で動的な処理が可能なオブジェクト指向のデータモデルに、さらに知的な推論機能をも併せもつ「演繹オブジェクト指向モデル」の構築とその応用システムの開発を強力に推進してきた。

よく考えてみると、パラダイムシフトをして行かなければならない状況というのは、逆の見方をすると我々研究者にとってはありがたいことでもある。つまり、今まで前提としてきた仮定が技術の進歩によって一転することによって、新たな研究の種が生まれてくることも意味しているからである。

以上、情報システム工学分野におけるパラダイムシフトを紹介し、それらと研究室で進めている研究との関連を述べさせて頂き、筆者にとっての研究ノートとさせて頂きたい。

謝辞：本稿のVLSI関係のパラダイムシフトに関して、本学大型計算機センター尾上孝雄講師に貴重なコメントを頂いた。ここに記して衷心より謝意を表す。