

コミュニケーションコンピューティング の提案とその実施例

服部 進実

金沢工業大学工学部情報工学科

〒 921 石川県金沢南局区内野々市町扇が丘 7-1

E-mail: hattori@infor.kanazawa-it.ac.jp

ダウンサイジング、オープンシステムの流れの中で分散コンピューティング環境(ネットワークコンピューティング)へコンピュータの世界はパラダイム転換をもたらしている。一方通信網の世界も従来のトップダウン的ネットワークからボトムアップ的にスケーラブルな且つ広域分散型のネットワーク構築が重要となっている。本論文ではユーザの立場を重視したシステム構築手法が今後重要になると考え、ユーザ自身がシステムを構築しうること(ユーザシステムビリティ)とユーザ自身がサービスを定義実行しうること(ユーザプログラマビリティ)の2点を取り上げ、自律分散エージェントモデルの有効性を考察している。

A Proposal and its example of Implementation for Communication Computing

Shimmi Hattori

Department of Information Science

Kanazawa Institute of Technology

7-1, Ougigaoka, Nonoichi-chou, Kanazawa-south area, Ishikawa, 921, Japan

The paradigm shift of distributed computing environment or network computing such as down-sizing and open system is penetrating into computer system world. On the other hand, system design of scalable and widely distributed network by bottom-up building method is becoming important in communication network. In such the environment, user-systemability (user's ability to design network system by himself) and user-programability (user's ability to define services and execute it by himself on network) are considered in this paper, adopting autonomous distributed agent model.

1 はじめに

近年、コンピュータの世界は、従来のメインフレームを基軸としたコンピュータベンダのユーザー囲い込みによる閉ざされた専用システムの時代から、ワークステーションを LAN 等によるネットワークで接続し、オープンシステム、インターオペラビリティを前面に押し出したオープンな環境による分散システムの時代へ地殻変動を起こしつつあることは、ダウンサイジングとして周知の通りである。このことはベンダ主導によるシステム構築の時代から、ユーザもしくは付加価値再販業者 (Value Added Reseller) によるシステムインテグレーションの時代へシフトしており、そのシステム構築手法はコンピュータの世界にとどまらずネットワークの世界でも大きな転換を余儀なくさせられる方向にある。

本論文では、ネットワーク構築の基本的アプローチに関し、ダウンサイジング、オープンシステムの流れの中でユーザ自身がネットワークを構築しえること (以後、ユーザシステムビリティと呼ぶ) 及びユーザ自身が通信網サービスを定義、記述し実行しうること (以後、ユーザプログラマビリティと呼ぶ) の 2 点が今後重要な論点と考え、その背景、技術的課題、基本技術とその実施例を取り上げ以下に述べる。

2 コミュニケーションコンピューティング

通信網の研究・開発や実際の構築に関するアプローチの方法は、現在 2 つの流れがありややもすると、これらが錯綜しており、混乱を引き起こしているように思われる。すなわち 図 1 に示すように 1 つは従来の大艦巨砲的なネットワークベンダによる電話網を主体としたトップダウンネットワークであり、綿密な需要予測、トラヒック予測のもとに計画性、保守運用性、形式性を重視したネットワークアーキテクチャである。言い換えればあらかじめグローバルスキーマを見通した上でこれらを階層的にオブジェクトとして構成できるレベルまで分割していく方法である。

一方、コンピュータの世界でのダウンサイジングの流れの中で、パソコンやワークステーションの端末を主体にローカルなネットワークをユーザ主導のもとに構築し、ルータ等の接続装置により、これらローカルネットワークを横方向に拡張展開していくボトムアップネットワークが、広域分散型のネットワーク構築手法として普及しつつある。この場合、計画性、形式性よりもむしろインタオペラビリティ (相互接続運用性)、スケラビリティ (規模拡張性) 等に代表されるごとく、ユーザから見たネットワークの透過性が重視される。

その結果、ローカルなスキーマが先行し、これらを積み上げることににより、階層的にネットワークを構築していく手法をとるため、運用段階でルーティング、セキュリティ等の面で問題点が浮上してくる例が見受けられる。

いずれにしてもこれら 2 つのアプローチが開発者・運用者・ユーザの世代交替時期を含めて混沌とした状況の中にあり、いずれは近い将来この中から最適解が見出されるものと思われる。

ここでコンピュータと通信の世界での主要な技術動向を取り上げ、これらを 1 つの方向にまとめると将来は通信網資源やその上に配備されるコンピュータ資源のパーソナリ化がますます加速化される方向にあるといえる。

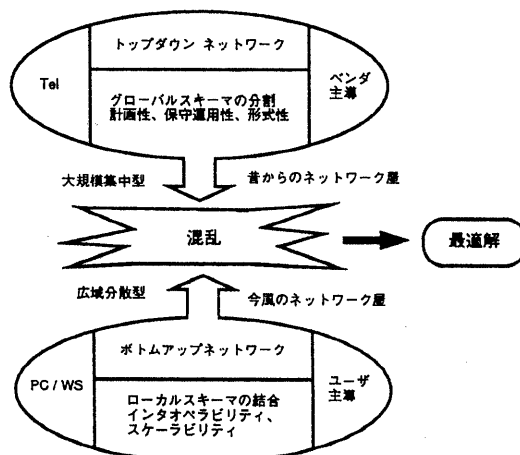


図 1: ネットワーク構築の基本アプローチ

すなわち図 2 に示すようにコンピュータの世界では、UNIX に代表されるネットワーク指向のオペレーティングシステムや、高性能 RISC マシンは、ダウンサイジングの引き金となっており、また通信の世界では衛星通信や B-ISDN 等により、通信網の料金は 21 世紀にはメインフレームの磁気ディスク並みの下降傾向でそのビット単価が下がり、且つ空間的広がりに対し独立の傾向を強め広域化、広帯域化が加速される方向にある。[2]

さらにコンピュータと通信の境界領域ではマルチメディア/ハイパーメディアによるヒューマンインタフェース技術や開放型通信プロトコル技術が進化しつつある。その結果、ネットワークの観点で見るとユーザに対する情報通信容量が大幅に増大すること、従って、その先に接続されるコンピュータ資源において内部パスの速度と通信の速度が整合する状況が生まれプロセス間通信とネットワーク通信を一元化した UNIX のソケット等の考え方が重要になる。これはコンピュータシステムを物理的に一つの場所に集中させる必然性がなくなり各種資源をネットワーク上に広域に配備し、全体として一つのコンピュータシステムとして把える、いわゆる分散コンピューティング環境あるいはネットワークコンピューティングの考え方が現実のものとなりつつあるのが現状となる。

このネットワークコンピューティングの世界は、分散システムの形態から見ると、サイト間に従属関係のある垂直分散に対し、各サイトが対等で論理的には網状で結合された水平分散を指向したものであるが、ワークステーションの機能分化が進みつつも、その基本ソフトウェアアーキテクチャは依然として集散的性格の強いクライアント/サーバモデルが中心となっていることは周知の通りである。

これは低性能なハードウェアを多数もつよりもサーバマシンを高性能化し他から共用させることにより、集中したコスト/性能比の向上を狙ったものであるが、次のような欠点が指摘されている。[3]

1. サーバに負荷が集中すると性能の低下を招く

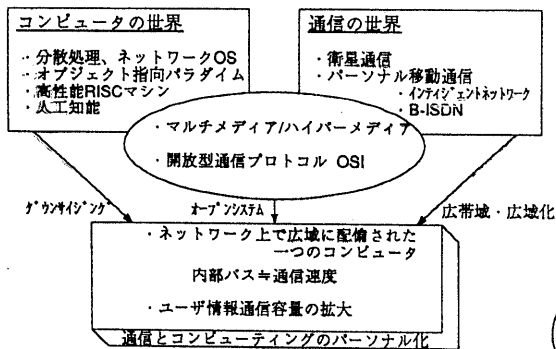


図 2: ネットワークコンピューティングの流れ

2. サーバがダウンするとサーバを使用中のサイトでの処理が継続できないことがある
3. サーバのセキュリティが破られる可能性がある。

これらの結果、被害はサーバを使用しているサイトに波及する。一般にダウンサイジングを指向したボトムアップ型ネットワークでは、ユーザの環境に密着したネットワークを構築しやすい半面、上に述べたような運用管理面での抜けが生じやすい。したがって現状では、ネットワークコンピューティングの世界でもそのネットワーク構築には、保守・運用・管理面を含めてネットワークやOSに関する深い知識や技術が要求されることは勿論、ユーザの環境に密着しているがために人間や組織間での考え方を調整するといった人間的な課題が新たに発生してくると思われる。

そこでネットワークの観点より、上位の技術開発の方向を展望すると図3に示すごとく、従来のベンダ主導型コンピュータネットワークからダウンサイジング・オープンシステムにより展開されつつあるユーザ主導型のネットワークコンピューティングの世界へ、さらにによりユーザ環境に密着したオンサイトマネジメント等が可能で前述の2者を包含するコミュニケーションコンピューティングの考え方が重要となる。コミュニケーションコンピューティングの世界では、集中管理→分散管理→分散協調管理の流れの上で自律エージェントによりシステム運用面でのユーザの負担を軽減する技術が必要となる。一方、工学的観点からの技術開発から、人間科学・社会科学・認知科学等に基づく人間中心の技術開発の比重が大きくなると予想される。

言い換えると、図4に示すように、ネットワークをユーザの観点で見ると従来のコンピュータネットワークはユーザサイドの通信プリミティブをセンターの通信機器に接続したものであるが、ネットワークコンピューティングでは、ユーザサイドのPCやWS上にあるプラットフォームやアプリケーションを包含した体系である。さらにコミュニケーションコンピューティングは、プラットフォームやその上の付加価値アプリケーションにユーザ自身またはその環境を織り込んだネットワーク体系であると考えられる。

具体的には、運用管理面での自律制御技術をもとにユー

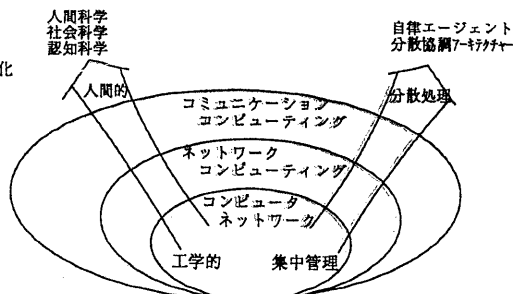


図 3: コミュニケーションコンピューティングとは

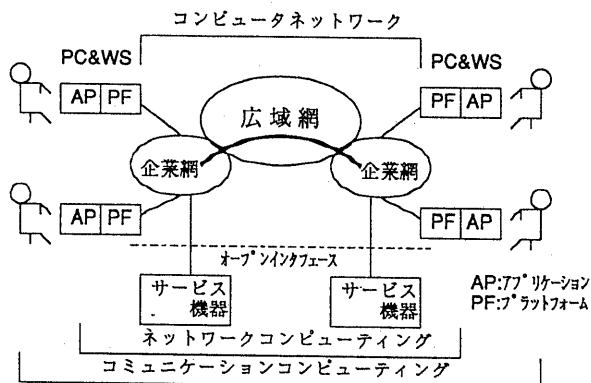


図 4: コミュニケーションコンピューティングへの展開

ザ自身がシステムを構築し得る能力(ユーザシステムバリティ)とユーザ自身がサービスを定義、記述しそれを実行する能力(ユーザプログラマバリティ)がコミュニケーションコンピューティングを実現する上でキーとなる技術と考え以下にその実装例を含めて述べる。

3 ユーザシステムバリティ

3.1 システムの透過性

ネットワークの大規模、広域化をダウンサイジングの流れの中でボトムアップ的に行なう場合、オープンシステム、マルチベンダによるインターオペラビリティや障害発見復旧を含む保守・運用・管理といったシステムメンテナンスバリティが重要となる。また、同時にシステムの更新・増設が段階的に行なえるスケーラビリティ(規模透過性)も重要なファクターとなろう。

この場合、ボトムアップ型ネットワークでは、かようなシステム管理運用に関し、究極的にはユーザに権限を委譲するオンサイトマネジメント(分散管理)が要求される。つまり、全体的組織構造、制御構造があらかじめ明確に与えられず変更される可能性があるといった非決定的、非形式的問題を内在させており、これを解決する基本技術としてはシステム構成の変動に対し動的に対応しうる情報処理モデルが必要となる。

すなわち、ユーザ自身によるシステムの構築・運用を支援するメカニズムとして、システム的环境変動に対し自律的にリソース管理を行ないうる自律分散エージェントの通信網への適用がユーザの立場からシステムの透過性(位置、並行、障害、性能、規模)を実現しうる点から有力な候補となり得る。

3.2 自律分散エージェントモデル

言うまでもなく自律分散エージェントとはエージェントと呼ばれる複数の自律分散的構成要素からなりエージェント間及び環境との相互作用を通じて秩序を形成することにより大局的目標を実現すると同時に、環境の変化に対して適応し得る能力をもつシステムを指す。この場合、該システムは次の特徴をもつと考えられる。

- (1) エージェントの自律性
- (2) エージェント相互作用の非決定性
- (3) 秩序の形成
- (4) 環境変化への適応

これは、図5に示すような人間社会における協調的、適応的決定のメカニズムを実現することに類比できる。すなわち、各個人エージェントは独自の信念、目的、責任、意思等の心的特性を持っており、これら個人エージェントがある問題提起に対しそれぞれのメンバの立場・権限に応じて関与し(コミットメント)二つ以上の解が同時実行が不可であれば競合が生じ(コンフリクト)これを解決する為に、状況により交渉を行ない(ネゴシエーション)適切に妥協した解を見出す。その結果、人間社会はロバストネスがあり、環境変化への柔軟な対応ができ、各メンバの総和以上のものを実現し、その構成は、スケーラビリティ、局所管理が可能なメカニズムとなっている。

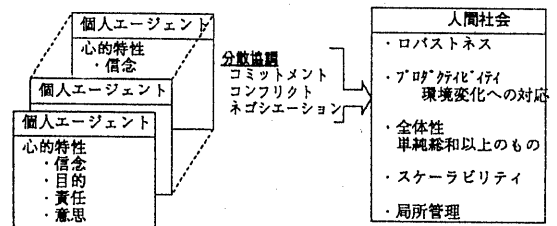


図 5: 人間社会のアナロジー

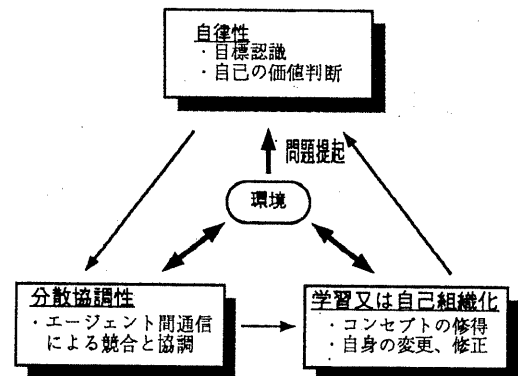


図 6: 分散協調エージェント指向システムの要素

したがって、人間社会に少しでも近づけたメカニズムの基本的な構成は図6に示すごとく各エージェントが大きく次の3つの要素間の階層的プロトコル処理過程を繰り返す。[4]

(a) 自律性

各エージェントが自身の価値基準つまりコスト関数により目標を認識し、取るべき行動を選択する

(b) 分散協調性

各エージェントの自律性により生じるエージェント相互間の利害対立を認識し、他エージェントとの通信により協調を画る

(c) 学習又は自己組織化

過去の知識の利用状況や現在の状況に応じて最適な実行が出来るように自分自身を変更、更新し新たな状態、コンセプトを生成する。

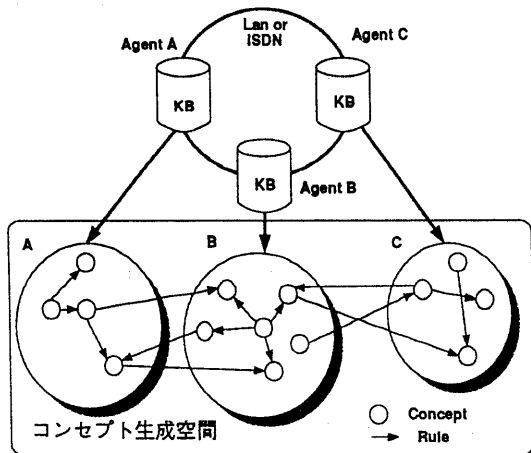


図 7: 分散協調エージェント指向システム の概念

(a)(b)(c) の処理サイクルを繰り返して環境より提起される問題を解決するために、アルゴリズム的に入力しておくのではなく、状況に応じた問題解決を行なう。このためには各分散エージェントの問題における位置関係や、コンセプトの学習を可能とする分散協調型帰納推論システムが必要である。文献 [4] において、かような帰納学習を行なう方式として、PI(Process of Induction) の考え方を分散協調環境に拡張し、自律エージェントのプラットフォームを構成する提案を行なっている。

この時、PI を適用する理由は、ルールの生成・変更・更新を推論過程及び概念の有用さに応じて、強度関数を与え、この強度関数を前述の処理サイクルの過程で調節することにより、利用環境に即した学習を行なうことができる点にある。図 7 に、自律エージェント間でルール活性情報の通信を行なうことにより関連するコンセプトの活性化する概念図を示す。

PI の基本的な考え方はコネクショニストモデルを想定すると、生成すべきコンセプトが神経細胞に相当し、神経細胞間を接続する荷重がプロダクションルールの重要さを表わす強度関数と考えられる。図 7 は、神経細胞間の接続(プロダクションルール)が複数の自律分散エージェント間にまたがっており、相互に通信を繰り返すことにより目標に対して成功を導く推論結果の一部が得られれば、それに相当するルール強度を増加させ、逆の場合は、減少させる。この自己組織化サイクルの結果、有効なコンセプトが生成あるいは活性化状態となる。

3.3 自律分散エージェントモデルによるプロセスマイグレーション

高速 LAN 間接続プロトコルとして、従来のリンクレベルプロトコルを高速化したフレームリレー方式と ATM 方式が検討されている。

例えば、コネクションレスの SMDS パケットフォーマットでは、可変長パケットに着信ルータのアドレスやパケッ

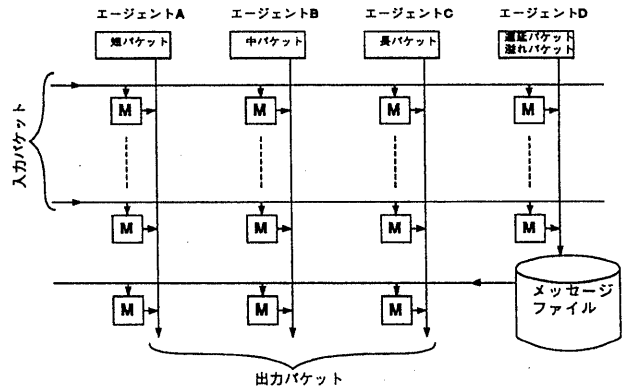


図 8: 高速パケット分配処理系

ト長情報に関するヘッダとトレイラをレベル 3 で付与した後、レベル 2 で固定長の ATM セルに分割網内転送する。言い換えると両者はプロトコル上の互換性を有していると考えられる

このような複数の通信モードに対応する交換ノードとして図 8 に示す高速パケット分配処理系を想定する。すなわちフレームリレー方式の可変長パケットの入力に対してはパケット長を離散的な値(長パケット、中パケット、短パケット)に分割し、それぞれの出力パケットバス単位に処理機能あるいはエージェントを(エージェント A, B, C) 対応させる。

各エージェントは前述の自律分散エージェントであり、処理負荷の状況により、各交叉点に配備されたバッファの処理方式を選択する。この場合、エージェント A, B, C ので負荷状況が全て過負荷と判断された時点で、エージェント D の管理する遅延パケット、あるいは溢れパケットとしてメッセージファイルに一度格納させる。

遅延パケットとして許容しえるものとしては、音声メール、テキストメールさらには一方の動画画像情報がまず選別できる。図 9 は全体の呼量負荷に対し処理形態が移行する様子を示したもので一種のプロセスマイグレーションと考えられる。ただし、通信プロトコルのモードが処理負荷の状況だけで一方的に決定できる性格のものではないことは言うまでもない。負荷が軽い状態では、それぞれ独立な自律分散エージェントはパケット長種類別に専業のバッファ処理を行なっている。

負荷が増加し始めると負荷平滑化を行なうべく、各エージェント間の通信が始まり、あるスレシールドレベルで「長パケットは自分より短いパケット負荷を背負うことができる」という処理機能が発火する。さらに負荷が増加し続けるとパケット長を全て短パケット化し(ATM モード)、全てのバッファが共通に使用できる処理状態に移行し、大群化効果により各エージェントが呼量の均一化を行なう。

これ以上の負荷増大に対してはエージェント D が発火し遅延・溢れパケット処理に移行する。この場合はある程度の品質劣化が起こることを覚悟する場合もある。例えば、実時間かつ遅延条件の厳しいダイアログ形式の双

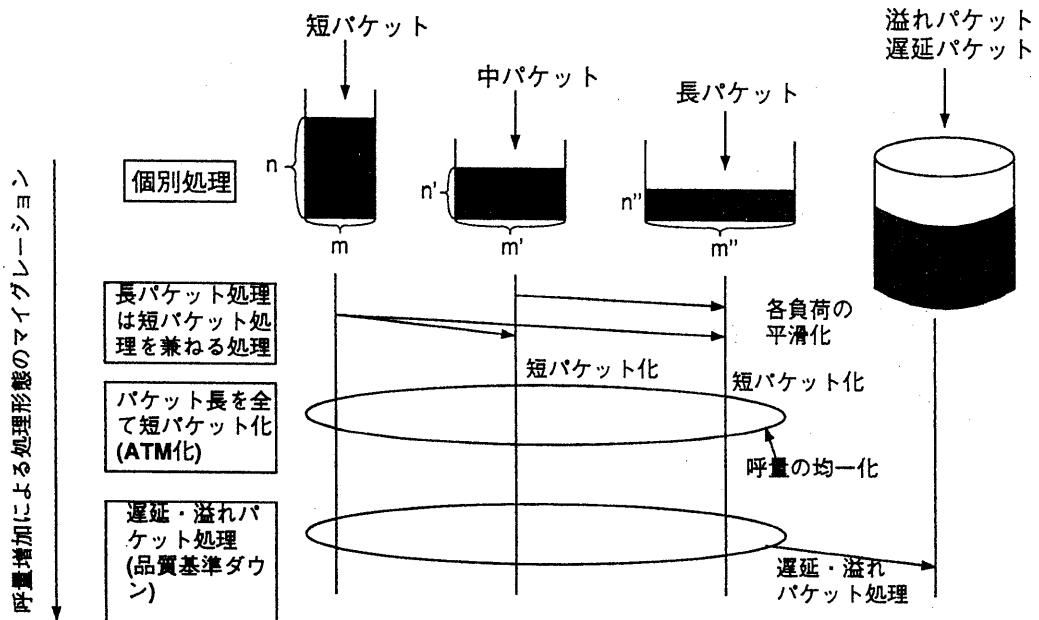


図 9: 自律分散エージェントによるプロセスマイグレーション

方向音声、動画像情報がこの場合に相当する。

以上は、入力負荷変動により自律分散エージェントが、お互いに分散協調動作を行ないながらシステム全体の処理モードを自律的に選択していく簡略されたモデルであるが、実際の運用の場合には、ルーティング条件、対向ノードの通信接続条件等も考慮しなければならないことは言うまでもない。この高速バケット通信系のモデルをシミュレーション言語 SLAMII で構築し、前述の自律エージェントで構成される分散協調型帰納推論システムと連結し、負荷条件に対する処理状態を学習させた結果、実負荷に対し、分散協調動作を行ないながら最適処理形態を選択する機能が確認できた。

4 ユーザプログラマビリティ

4.1 ユーザのサービス仕様記述方式

ユーザが通信網サービス等を記述する方法に関しては、ユーザのスキルレベルやシステムに要求される記述の完全性の観点より、分類すると図 10 に示した段階が考えられる。ここで重要なことは、ユーザに記述されたサービスに関する情報を通信網等のシステムに入力した時に、通信網内にある既存の通信リソースを破壊しないことである。その為には、ユーザ単位の通信サービスリソースを、通信網リソースとは極力疎な結合とするモジュール構成が必要である。

このことは通信サービスの選択、実行をユーザに代わって行なう自律エージェントをユーザ単位に配備すること

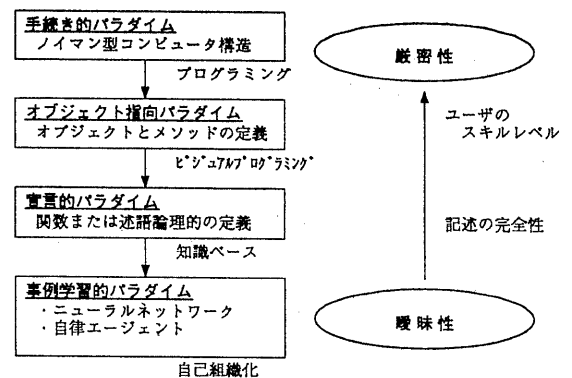


図 10: ユーザプログラマビリティ

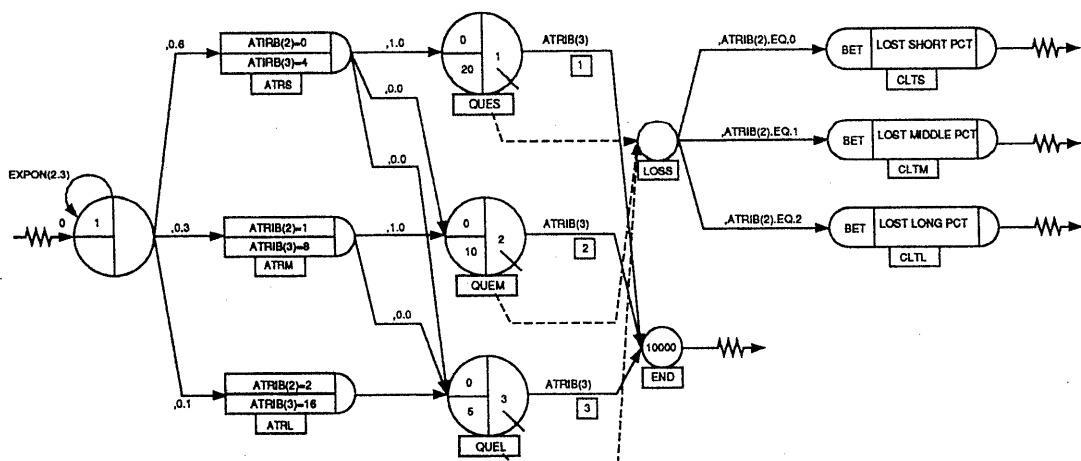


図 11: ビジュアルオブジェクトネットワークの例

が有効である。[5]

この自律エージェントは、例えば通信網の発信者側、着信者側に配備し、相互のエージェントの協調処理により発信者、着信者のステータスや通信時の状況に応じた最適なサービスコンセプトを実行する。これは前述の自律分散エージェント間でルール強度を調整することにより有力なコンセプトを活性化させる分散協調型帰納推論システムで実現しうる。

ここでユーザのサービス仕様記述及びその入力方法については、サービスのスキルレベルによっては、完全性を期待しにくいので、記述方式の間略化、利便性と同時に、自律エージェントには、あいまいさ、部分的な間違い、抜けを補完し推論する能力や事例群から意図を一般化し、抽象化する能力等が要求される。文献[6]では、連想記憶型のニューラルネットワークの学習フェーズで、発信者ステータス、着信者シチュエーションおよびその組合せによる電話取次サービスをユーザが任意の順で事例入力し、実行フェーズで前述のあいまい検索、誤り補正、自動一般化等の機能を自律エージェントとして実現させた例を例示している。

スキルレベルの比較的高いユーザに対してはビジュアルオブジェクトを視覚的にわかりやすい絵で構成し、これらを相互に接続することでサービス記述および、それに対応するプログラミングを自動的に生成する方法がある。

4.2 ビジュアルオブジェクトによるサービス仕様記述

図 11は、3 章で述べた高速パケット通信を行なう交換ノードを SLAMII 言語のノードとアクティビティをネットワーク接続することにより構成したシミュレーションモデルの一部を取り出したものである。この場合、SLAMII におけるノード (ACCUMLATE, QUEUE, ASSIGN 等)

および、ノードに後続するアクティビティであるサービスアクティビティをそれぞれオブジェクトと考え、メッセージをネットワークの左から右へ伝達するプロセスと考える。一つのプロセスを終了したら、残りのプロセスを実行すべくバックトラックを行なう。

かようなアルゴリズムのもとにビジュアル化されたシミュレーションモデルを図 12に示すごとく自動的にプログラミングするシステムをオブジェクト指向の LISP 言語 (CLOS) で開発した。

SLAMII の規約を修得するにはやや苦勞するが、通信網サービスに関してもサービス空間をシミュレートする SLAMII のごときオブジェクト指向のビジュアル言語を開発することによりあるスキルレベル以上のユーザを対象としたユーザプログラマビリティを実現し得る可能性は十分にあり得ることである。

5 まとめ

ダウンサイジング・オープンシステムというコンピュータ世界での潮流の中でボトムアップ的に広域ネットワークを構築するためには、その運用管理面を含めて、新しい観点すなわちコミュニケーションコンピューティングが必要であること、またここでは基本技術としてユーザシステムビリティとユーザプログラマビリティを取り上げ、これらが自律分散エージェントモデルで実現できる可能性を示した。AI の分野でも、概念学習や分散協調のアーキテクチャはまだ有力なモデルが定かではないが、通信網とコンピュータは、今後ユーザの立場に立った技術開発が重要となりつつあり、通信網のインテリジェント化も、この延長線上で追及すべき研究課題が多く存在すると考える。

```

GEN,YONE,TEST,9/1/92,1,Y,N,Y/N,N,Y,72;
LIMITS,3,4,50;
NETWORK;
    CREATE,EXPON(2.3),0,1;
    ACT,,0.6,ATRS;
    ACT,,0.3,ATRM;
    ACT,,0.1,ATRL;
ATRS ASSIGN,ATrib(2)=0,ATrib(3)=4;
    ACT,,1.0,QUES;
    ACT,,0.0,QUEM;
    ACT,,0.0,QUEL;
QUES QUEUE(1),0,20,BALK(LOSS);
    ACT/1,ATrib(3),,END;
END GOON;
TERM,10000;
LOSS GOON;
    ACT,,ATrib(2).EQ.0,CLTS;
    ACT,,ATrib(2).EQ.1,CLTM;
    ACT,,ATrib(2).EQ.2,CLTL;
CLTS COLCT,BET,LOST SHORT PCT;
TERM;
CLTM COLCT,BET,LOST MIDDLE PCT;
TERM;
CLTL COLCT,BET,LOST LONG PCT;
TERM;
QUEM QUEUE(2),0,10,BALK(LOSS);
    ACT/2,ATrib(3),,END;
QUEL QUEUE(3),0,5,BALK(LOSS);
    ACT/3,ATrib(3),,END;
ATRM ASSIGN,ATrib(2)=1,ATrib(3)=8;
    ACT,,1.0,QUEM;
    ACT,,0.0,QUEL;
ATRL ASSIGN,ATrib(2)=2,ATrib(3)=16;
    ACT,,QUEL;
END;
FIN;

```

図 12: 自動プログラミング出力結果

参考文献

- [1] 芝野: “ネットワークコンピューティング” Computrol No.37 (1992)
- [2] 服部: “インテリジェントネットワークと知識情報通信” 電子情報通信学会, 情報ネットワーク研究会, IN91-72 (1991)
- [3] 西尾、田中: “コンピュータネットワークとデータベース” Computrol No.38 (1992)
- [4] 中沢、服部: “概念学習機能を持つ分散協調エージェントシステム” 電子情報通信学会, 人工知能と知識処理研究会, AI92-66 (1992)
- [5] 井手、前田、西ヶ谷、金: “通信エージェントによるパーソナル通信サービスの高度化” 情処学会, マルチメディア通信と分散処理研究会 DPS57-21 (1992)
- [6] 服部、水沢、村上 “連想記憶型ニューラルネットワークによる通信網サービスのユーザプログラマビリティ” 電子情報通信学会論文誌 Vol.J74-B-1 No.11 (1991)