

## マルチエージェントシステムを用いた 利用者指向コネクションの実現方式

今野 将<sup>†</sup>      菅沼 拓夫<sup>‡</sup>      菅原 研次<sup>#</sup>      木下 哲男<sup>‡</sup>      白鳥 則郎<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 千葉工業大学工学研究科情報工学専攻

<sup>‡</sup> 東北大学電気通信研究所

<sup>#</sup> 千葉工業大学情報ネットワーク学科

あらかし 近年、コンピュータネットワークシステムや分散アプリケーションなどの分野で、エージェント技術が導入されている。本論文では、やわらかいネットワークのための利用者指向ネットワークサービスの機能を実現するために、マルチエージェントシステムを用いた利用者指向コネクションの実現方式について述べる。本論文で提案する機能は、利用者要求に基づいて、分散応用プロセスに対するネットワークサービスのQoSを制御する機能である。最初に、利用者指向ネットワークサービスの概念について述べ、その概念に基づくサービスの1つである利用者指向コネクションについて述べてゆき、最後に、マルチエージェント型利用者指向コネクションの実験システムについて述べる。

キーワード エージェント, 利用者指向, 利用者指向コネクション, 動的ネットワークング

## Development of User directed Connection using a Multi-Agent System

Susumu KONNO<sup>†</sup>      Takuo SUGANUMA<sup>‡</sup>      Kenji SUGAWARA<sup>#</sup>      Tetsuo KINOSHITA<sup>‡</sup>  
Norio SHIRATORI<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Graduate Course of Computer Science, Chiba Institute of Technology.

<sup>‡</sup> Research Institute of Electrical Communication.

<sup>#</sup> Department of Network Science, Chiba Institute of Technology.

Abstract Recently, the agent technology has been introduced into many systems including computer network systems and distributed applications. In this paper, development of user-directed connection using a multi-agent system is delivered to realize one of the functions of the user-centered network service of the flexible network system. The function proposed in this paper is to provide a flexible control service of QoS of the network for distributed application processes, based on the user requirement. First, a concept of the user-directed network service is introduced, and a user-directed connection to realize the service based on the concept is delivered. Finally, an example of the experimental multi-agent-based user-directed connection system is demonstrated.

key words Agent, User-directed, User-directed Connection, Dynamic Networking

# 1 はじめに

近年の、インターネットに代表される通信ネットワーク技術の進歩は、計算機技術の進歩と共にネットワークコンピューティングという新たな計算機の使用形態の流れを急速に押し進めている。また、その役割も従来の学術研究者用のネットワークから一般利用者が参加する商用ベースのサービスの場へと、大きく変化してきている。そのため、ネットワークが、設計者／開発者の意図／想定しなかった環境や使用方法で利用される可能性も高くなってきており、利用者の環境や要求の多様性への対応が必要とされている。

これら利用者環境の多様性や利用者要求の変化に対応するためには、ネットワークのもつ機能や性能を利用者からの要求をもとに変化させ、サービスを安定して提供する機能が必要である。本研究では、このようなサービスを「利用者指向ネットワークサービス」と定義している [1]。

そこで我々は、利用者指向ネットワークサービスを実現するために、次世代広域ネットワーク環境のモデルとして、やわらかいネットワークアーキテクチャ[2]や動的ネットワークアーキテクチャを提案してきた [3]。本アーキテクチャの特徴は、現行のIPネットワークをOSI参照モデルにおける上位3層に相当する「アプリケーション層 (Application Layer: APL)」と下位4層に相当する「論理ネットワーク層 (Logical Network Layer: LNL)」にわけ、その間にミドルウェアとして「やわらかいネットワーク層 (Flexible Network Layer: FNL)」と呼ぶ機能をあらたに導入する点にある。

本論文では、この利用者指向ネットワークサービスの1つである「利用者指向コネクション」の実現方式について述べる。

## 2 利用者指向コネクション

### 2.1 利用者指向ネットワークサービスの概念

利用者指向ネットワークサービスは、図1に示す機能をもつやわらかいネットワーク層をミドルウェアとして実現することで提供される。この利用者指向ネットワークサービスは、下位層である論理ネットワーク層からトランスポートコネクションサービスを受け、利用者指向コネクションサービスとして上位層であるアプリケーション層へ提供する。以下に、利用者指向ネットワークサービスの各機能について

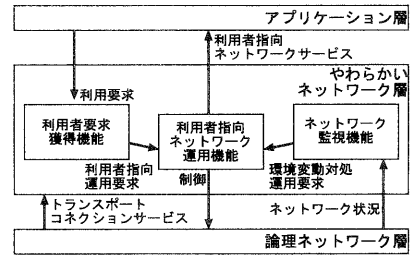


図 1: 利用者指向ネットワークサービス

説明する。

**利用者要求獲得機能:** 利用者からのネットワークサービスに対する要求を獲得する機能。獲得した利用者要求は利用者指向ネットワーク運用機能へと転送される。

**ネットワーク QoS 獲得機能:** ネットワークの状況を監視し、ネットワーク QoS 値を獲得する機能。獲得したネットワーク QoS 値は利用者指向ネットワーク運用機能へと転送される。

**利用者指向ネットワーク運用機能:** 前述の2機能から獲得した、利用者要求／ネットワーク QoS 値を元に利用者指向ネットワークサービスを構築する。

この3つの機能により、利用者指向ネットワークサービスは利用者要求の変化への対処や環境変動の吸収を行い、アプリケーション層に対して利用者指向コネクションサービスを提供する事が可能となる。

### 2.2 利用者指向コネクションサービスの概念

従来のネットワークにおいて提供されるコネクションサービスは、システム指向により決定される静的かつ固定的な物である。そのため、システム的环境変動や利用者要求に対する対処も困難となっている。

この現在のシステム指向なコネクションサービスには以下の問題点がある。

1. 静的かつ固定的なコネクション提供
2. 利用者要求を満たしたコネクションの提供が困難
3. 環境変動によるコネクションの QoS 制御が困難

このため、利用者の要求を満たし、環境変動に対応したコネクションの提供・制御が不可能となっている。

そこで、2.1 で述べた利用者指向ネットワークサービスを適用することにより、従来のシステム指向な

コネクションサービスを高度化し

- 利用者要求に基づくコネクションの提供
- 環境変動を吸収し、利用者要求を満たすコネクションの維持

が可能となる新しいコネクションサービスが必要とされている。この利用者指向ネットワークサービスを適用したコネクションサービスを利用者指向コネクションサービスと言う。利用者指向コネクションサービスは以下の3つのサービスを利用者/アプリケーション層に提供する

1. 利用者指向コネクション提供サービス  
ネットワークアプリケーション間のコネクション接続時に、利用者が要求する QoS を満たすコネクションを提供する。
2. 利用者指向コネクション維持サービス  
利用者要求が変動した時に、その変動に対応した新たな利用者 QoS を獲得し、利用者が要求する QoS を満たすコネクションを提供する。
3. ネットワーク環境変動吸収サービス  
ネットワークの環境変動が起きた場合、コネクションの構成を変更し利用者 QoS を満たすコネクションを提供する。

### 2.3 利用者指向コネクションサービスの特徴

図2に示すように、従来のネットワーク環境においてはサーバ・クライアント間に複数のネットワーク媒体もしくは接続経路があるにもかかわらず、その媒体及び経路はIPにより決定される静的/固定的な物であるため、利用者からもしくはアプリケーションからの制御が困難であった。そこで、図3のように、やわらかいネットワーク層を導入しその機能を用いることにより、複数のネットワーク媒体および接続経路を、利用者要求の変化やネットワークの状況変化にあわせて制御し、最適なコネクションである「利用者指向コネクション」を提供する事が可能となる。

この利用者指向コネクションサービスは、FNL上にやわらかいネットワーク経路(FN-Path:FNP)を構築することで実現する。このFNPは、広域ネットワークを構成する主要な端末/ルータ(以下ノードと呼ぶ)上に配置されたやわらかいネットワーク層ゲートウェイ(Flexible Network Layer Gateway:FG)により生成/制御される。FGは利用者要求/ネットワーク状況の変化を認識して、その変化を吸

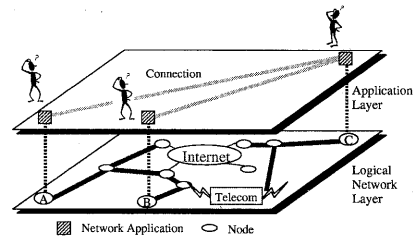


図2: 従来のネットワークコネクションサービス

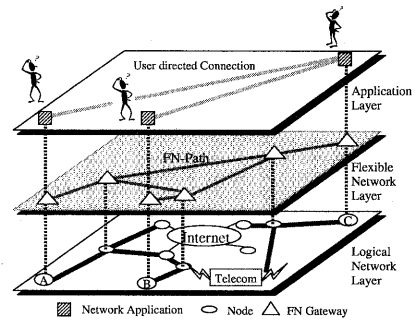


図3: 利用者指向コネクションサービス

収するために互いに協調し、いくつかのFNPを組み合わせてることにより、APLに対して利用者指向コネクションサービスを提供する。

たとえば、図2において論理ネットワーク層上のノードA～Cおよび、ノードB～Cまでの経路は複数存在する。通常、ノードA～Cおよび、ノードB～Cまでの従来の経路制御機構により一意に決定されるが、利用者要求を満たす物である保証はない。そこで、利用者指向コネクションサービスでは、LNL上のノード上にFGを配置し、FG間の協調によりFNPの組み合わせ制御を行い、利用者要求を満たすコネクションの提供を行う(図3)。

## 3 実験例題

### 3.1 例題システム構成

本稿では、前節までに述べた利用者指向コネクションの実験例題について述べる。本研究では、利用者指向コネクションの実験例題としてマルチメディアデータベース(MDB)の遠隔検索を用いる。

図4に示すように、東北大学に用意したMDBを

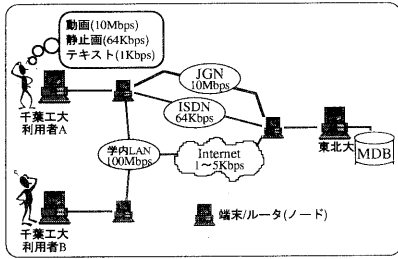


図 4: 例題システム構成図

千葉工大の利用者 A, B がネットワークを介して利用する. 利用するネットワーク構成は, JGN (Japan Giga-bit Network), ISDN, Internet, 学内 LAN の 4 つのネットワークであり, それぞれ, 最大帯域幅は 10Mbps (JGN), 64Kbps (ISDN), 1~5Kbps (Internet), 100Mbps (LAN) と設定した. また, 各利用者は獲得したいデータのタイプにより, ある一定のネットワーク帯域幅の確保を要求する. 要求するデータのタイプと帯域幅の関係は動画 (10Mbps), 静止画 (64kbps), テキスト (1kbps) と設定した.

### 3.2 エージェント構成

図4に示した各端末/ルータ(ノード)上には, エージェント指向コンピューティングの概念に基づくマルチエージェントシステムの動作環境が実装されている.

利用者指向コネクションを実現するためには, 利用者要求や利用者 QoS やネットワーク状況等是不確定な要素を扱う必要があり, 定型的かつ受動的な処理である通常のプログラムより, 自律的かつ能動的なエージェントの方が適している.

各ノード上には, 利用者指向コネクションを構成/制御するためのエージェントであるやわらかいネットワーク層ゲートウェイエージェント (Flexible Network Layer Gateway Agent : FG) が存在する. また, 利用者が用いる端末上には, 利用者要求を FG へ伝える為のエージェントとして, 利用者エージェント (User Agent : UA) が, MDB 端末上には MDB の操作や検索の補助を行う MDB エージェントが存在する (図 5).

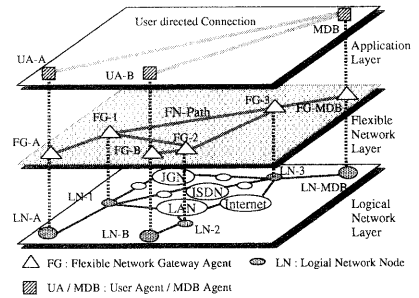


図 5: 例題エージェント構成図

	C1	C2	C3	C4	C5
利用者A 要求帯域	1Kbps	64Kbps	10Mbps	1Kbps	64Kbps
利用者B 要求帯域	1Kbps	1Kbps	1Kbps	64Kbps	64Kbps

	C6	C7	C8	C9
利用者A 要求帯域	10Mbps	1Kbps	64Kbps	10Mbps
利用者B 要求帯域	64Kbps	10Mbps	10Mbps	10Mbps

図 6: 利用者要求発生イベント組合せ

### 3.3 エージェントの運用ポリシー

利用者指向コネクションを実現するためには, まず FNL において適切な FNP を選択/構成しなくてはならない. そこで, FNL 上の各 FG は FNP を選択する際の運用ポリシーとして以下の 5 つを持つ.

1. なるべく JGN を使用しようとする
2. 利用者 A を利用者 B より優先する
3. JGN の帯域が不足している状態で, 動画要求が発生した場合 ISDN を用いる
4. JGN の帯域が不足している状態で, 静止画要求が発生した場合 ISDN を用いる
5. JGN の帯域が不足している状態で, テキスト要求が発生した場合 Internet を用いる

この運用ポリシーを満たすように, ネットワーク上の各 FG は互いに協調し, 適切な FNP を選択し, 利用者指向コネクションを構成し APL に対して提供する. また, 複数の利用者間で競合が発生した場合, 各 FG は上記のポリシーに乗っ取って競合の解消を行う. FNP 選択/構成時および再選択/再構成時に用いられる, 利用者 A, B の要求の組合せは図 6 に示す 9 通りが考えられる.

```

(rule catchFG_AReq01
  (Msg :performative request :content (Request :sender FG_A
    :serverType MDB :host :host :bandwidth "10M")) = ?msg
  (agent :name FG_3 :env ?env) = ?agt
  (FG_AStat :bandwidth ?band :stat ?stat :path ?path) = ?fgAstat
  ->
  (send :performative request :to FG_31 :arrival ?env
    :content (Request :sender FG_1 :serverType MDB
      :host :host :bandwidth "10M" :requester FG_A))
  (modify ?fgAstat :bandwidth "10000")
  (modify ?fgAstat :stat requesting)
  (remove ?msg)
)
(rule catchFG_3Inform1
  (Msg :performative inform :content (Inform :sender FG_3
    :port :port :requester FG_A) = ?msg
  (FG_AStat :bandwidth "10M" :stat requesting :path ?path) = ?fgAstat
  (FG_BStat :bandwidth null :stat none :path null) = ?fgBstat
  (RouteSet :route JGN :host ?host) = ?routeSet
  ->
  (scontrol access2server (?host ?port))
  (modify ?fgAstat :stat connecting)
  (modify ?fgAstat :path JGN)
  (remove ?msg)
)

```

図 7: FG 協調用知識

### 3.4 利用者指向コネクション構成時のエージェント間協調

利用者コネクションの構成は、まず利用者が UA-A (B) に対して MDB データ獲得要求を出す所から始まる。利用者要求を獲得した UA は、そのデータタイプ (動画、静止画、テキスト) から要求される帯域幅を決定し、同一端末上の FG-A (B) に対して、FNP 構成要求を出す。FNP 構成要求を受け取った FG-A (B) は、FG-1 (2) に対して FNP 構成要求を伝達する。FG-1 (2) は、FG-2 (1) と FG-3 と互いに協調し、現在使用可能な FNP と利用者要求を照らし合わせ、利用者要求を満たす FNP を選択/決定する。FNP の選択/構成が確定し、データ転送の準備が整うと、FG-A (B) は UA-A (B) に対して利用者指向コネクションの準備が整った事を伝え、実際のデータ転送が行われる。

FNP 選択/構成時の FG の協調用知識の一部を図 7 に示す。

### 3.5 ポリシーに基づく競合の解消

一方の利用者が既に利用者指向コネクションを利用している場合、FG は図 6 を元に利用者の使用する利用者指向コネクションを構成する FNP を再選択/再構成する。

例えば、利用者 A が既に動画用の利用者指向コネクション (JGN 使用) を利用している場合、利用者 B が動画 (10Mbps) や静止画 (64Kbps) 用の利用者指向コネクションを要求してきても、FG は利用者 B に対して 10Mbps (JGN) の帯域を与えることはせ

```

(rule conflictResolution-C9
  (FG_AStat :bandwidth 10M :stat connected :path JGN) = ?fgAstat
  (FG_BStat :bandwidth 10M :stat connected :path JGN) = ?fgBstat
  ->
  (make (Change :who FG_B :before JGN :after ISDN :band "10M"))
  (modify ?fgBstat :path ISDN)
)
(rule Change_Route_B_1
  (Change :who FG_B :before JGN :after ISDN :band ?band) = ?sstat
  (RouteSet :route ISDN :host ?host) = ?route
  ->
  (scontrol changeB (?host 30001))
  (make (ChangeImage :who "fujita" :path ISDN :band "64"))
  (remove ?sstat)
)

```

図 8: FG 競合解消用知識

ず、64Kbps (ISDN) の帯域をもつ利用者指向コネクションを構成する。これは、ポリシー 2 の「利用者 A を利用者 B より優先する」を実現しているためである。

しかし、利用者 A が静止画用の利用者指向コネクションを JGN を使用して利用している場合に、利用者 B が動画用の利用者指向コネクションを要求してきた時、FG は利用者 A の利用者指向コネクションを 64Kbps (ISDN) へ変更し、利用者 B に動画用の利用者指向コネクションを提供する。

また、利用者 B が動画用の利用者指向コネクションを利用している場合に、利用者 A が同じく動画用の利用者指向コネクションを要求してきた時、FG は図 6 の C9 にあてはまることを理解しポリシー 2 にのっとり、利用者 B を ISDN へ変更し利用者 A に対して JGN を用いた動画用の利用者指向コネクションを提供する。この時、利用者 B が ISDN で動画用の利用者指向コネクションを使用中に、利用者 A の使用していた帯域が解放された場合、FG は再び利用者 B に対して JGN を用いた動画用の利用者指向コネクションを提供する。

利用者指向コネクションの競合解消時の FG の知識の一部を図 8 に示す。

### 3.6 実装

各エージェントの実装は、藤田らによって提案/開発されている ADIPS フレームワーク [5] に、原らにより提案/開発されている推論機構 TAF [6] を拡張機構として付加したマルチエージェントシステムを用いて実装を行った。また、エージェント間の協調には FIPA97 [7] より定義された相互作用プロトコルに基づき設計した。FG の知識は 112 個のルールにより記述されている。エージェントにより操作される外部プログラムは Java2 SDK 1.3 を用いて行った。ま

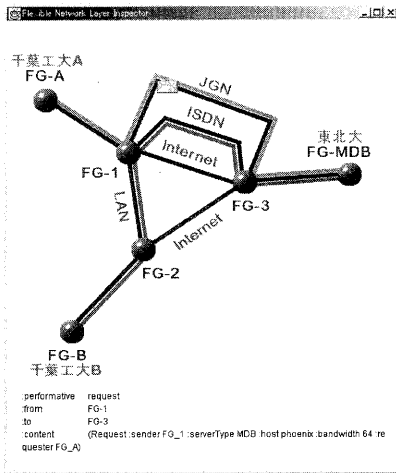


図 9: やわらかいネットワーク層インスペクタ

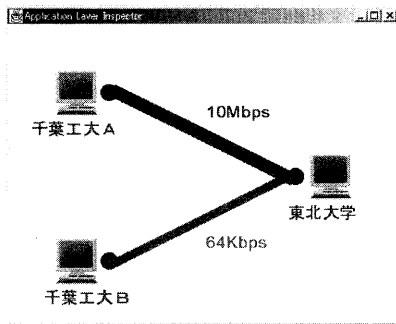


図 10: 利用者要求インスペクタ

た、やわらかいネットワーク層上のエージェントの動作を監視するためのインスペクタ (図 9) と、利用者指向接続の状態を監視する為のインスペクタ (図 10) の開発も行った。

#### 4 おわりに

本研究では、広域ネットワーク環境における利用者指向ネットワークサービスの実現のため、利用者指向ネットワークサービスの概念提案をおこない、利用者指向ネットワークサービスの機能の1つである、利用者接続サービスの設計と実装をおこなった。利用者指向接続サービスの特徴は

- 利用者要求に基づく接続の提供

- 環境変動を吸収し利用者要求を満たす接続の維持

であり、これにより従来の接続サービスの問題点である

1. 静的かつ固定的な接続提供
2. 利用者要求を満たした接続の提供が困難
3. 環境変動による接続の QoS 制御が困難

を解決することが可能となった。この、利用者指向接続サービスを実現するために、我々はマルチエージェントシステムを用いて、FNP を制御することで利用者指向接続サービスを実現した。

本論文では、試験的なネットワーク環境においての利用者指向接続サービスの実験を行った。今後、より広域なネットワーク環境における実験および評価方法の検討も行う必要がある。

#### 参考文献

- [1] 今野 将, 菅沼 拓夫, 菅原 研次, 木下 哲男, 白鳥 則郎, "動的ネットワークのためのエージェントを用いた経路制御方式", 信学技法, Vol.100, No.321, pp1-8, 2000.
- [2] Norio Shiratori, Kenji Sugawara, Tetsuo Kinoshita and Goutam Chakraborty, "Flexible Networks: Basic Concepts and Architecture", IEICE Trans. Commun., Vol.E77-B, No.11, pp.1287-1294, 1994.
- [3] Takuo Suganuma, Tetsuo Kinoshita and Norio Shiratori, "Flexible Network Layer in Dynamic Networking Architecture", International Workshop on Flexible Network and Cooperative Distributed Agents(FNCDA2000), pp.473-478, 2000.
- [4] 中沢 実, 須田 飛志, 阿部 倫之, 服部 進実, "ユーザアダプティブエージェントによる自律的ネットワーク QoS 制御とその評価", 電子情報通信学会論文誌 B-I, Vol.J81-B-I, No.2, pp58-69, 1998.
- [5] 藤田 茂, 菅原 研次, 木下 哲男, 白鳥 則郎, "分散処理システムのエージェント指向アーキテクチャ", 情報処理学会論文誌, Vol.37, No.5, pp840-852, 1996.
- [6] 原 英樹, 今野 将, 菅原 研次, 木下 哲男, "ソフトウェアエージェント開発教育用システム TAF の設計と実装", ソフトウェアエージェントとその応用特集ワークショップ (SAA2000) 講演論文集, pp183-190, 2000.
- [7] FIPA - Foundation for Intelligent Physical Agents, "FIPA97 Specification, Version 2.0 Part2 Agent Communication Language", <http://www.fipa.org/>, 1998