

応用指向プロトコルの知識型設計方法について

菅沼拓夫[†] 菅原研次[†] 木下哲男^{††} 白鳥則郎^{†††}

[†]千葉工業大学情報工学科
〒275 習志野市津田沼 2-17-1
^{††}沖電気工業(株)総合システム研究所
〒108 東京都港区芝浦 4-11-22
^{†††}東北大学電気通信研究所
〒980 仙台市青葉区片平 2-1-1

あらまし

利用者指向の設計アプローチで分散アプリケーションシステムを構成するために提供される通信プロトコルを、応用指向プロトコルと呼ぶ。本論文では、知識型設計方法論(KDM)に基づく応用指向プロトコル開発のための効率的な設計方法を提案する。はじめに応用指向プロトコルの定義と知識型設計方法論の概念を述べる。次に応用プロセスを含めたコンピュータコミュニケーションシステム全体の知識型モデルに基づく設計プロセスについて述べる。続いてその設計プロセス要素である応用指向プロトコル設計のプロセスとその知識型支援方法を提案する。

Knowledge-Based Design Method for Application-Oriented Protocol

Takuo Suganuma[†] Kenji Sugawara[†] Tetsuo Kinoshita^{††} Norio Shiratori^{†††}

[†]Dept. of Information Engineering, Chiba Institute of Technology
2-17-1, Tsudanuma, Narashino 275

^{††}Systems Laboratories, OKI Electric Industry Co., Ltd.
4-11-22, Shibaura, Minato-ku, Tokyo 108

^{†††}Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University
2-1-1, Katahira, Aoba-ku, Sendai 980

Abstract

In this paper, a communication protocol which is provided for developing distributed application systems in user-oriented design approach, is called Application-Oriented Protocol. This paper proposes an efficient design method for developing the Application-Oriented Protocol based on the Knowledge-based Design Methodology (KDM). First, a definition of an Application-Oriented Protocol is proposed, and then, concept of KDM is explained. An overview of a knowledge-directed design process description for computer communication system which includes application process is illustrated. Furthermore, we propose the design process of application-oriented protocol and knowledge-based design support system for the process.

1. はじめに

情報システムに対する利用者要求の拡大に伴ない、利用目的や利用スキルの異なる様々な利用者に対処可能な利用者指向応用システム(UAS:User-Oriented Application System)と呼ばれるシステムを提供する事が重要な問題となってきた。分散処理システムの上でUASを実現するためには、通信ネットワークが分散アプリケーションに対して提供する通信サービスの高度化あるいは適応機能などが必須の技術である。このような利用者指向の分散処理システムに対する通信サービスは情報通信システム技術の世界では知的ネットワーク[服部91]あるいは「やわらかなネットワーク」と呼ばれ、その構成法の研究は重要な研究課題になっている[白鳥93]。

やわらかいネットワークを構成するための機能の一つとして通信サービスに関しての「利用者定義機能」が考えられる[電通審88]。これを実現するためには利用者が要求する様々な応用プログラムに対応した応用層プロトコルを通信ネットワークはサポートする必要が生じる。

応用層プロトコルの仕様は基本的にはUASの初期要求仕様から抽出される。UASの設計を行う際には、様々な利用者要求が、対象とするUASに完全に反映される必要がある。また、UASの集合体であるネットワークシステムは通常は大規模で複雑なシステムとなるから、その設計プロセスを管理することは困難な作業である。そのためには要求分析者やシステム設計者の経験的知識だけではなく開発プロセス管理の知識を含む様々な種類の設計の知識が、そのUASの開発の際に必要とされる。

このような大規模で複雑なシステムの設計を支援するために、知識工学の技術を利用した知識型設計方法論(KDM)[Kino88],[Shir92]と呼ばれる設計方式が提案されてきた。これまで、KDMの枠組みを適用する事によって、分散システムに関する設計タスクである、要求定義[木下93]、プロトコル設計[Suga92],[Kino92a]、ヒューマン・インタフェース設計[木下93],[Kino92b]の知識型設計方式が提案されてきた。

本論文では、以上の方法論の結果を踏まえて、

「やわらかいネットワーク」の構成法およびその構築支援システムの実現にむけて、応用指向プロトコルの定義とそれを構築することを支援する知識型設計方法論の枠組みについて述べる。

まずはじめに、利用者指向応用システムをサポートする応用指向プロトコルの概念を定義し、次に3章ではその設計に用いられる知識型設計方法論(KDM)の概要について簡単に説明する。4章では、KDMに基く情報ネットワークの設計プロセスを示し、応用指向プロトコルの設計プロセスが包含される設計プロセス環境を説明する。5章では応用指向プロトコルの知識型設計方式を提案する。

2. 応用指向プロトコル

情報システムの能力評価のひとつに「使いやすさ」があり、使いやすさを実現するためには利用者の利用目的や利用スキルのレベルに適応した利用者インタフェース、あるいは情報処理機能から構成される利用者指向応用システムUASが実現されなければならない。分散処理環境でのUASは利用者インタフェースや情報処理機能などの応用プロセスと通信ネットワークから構成される。

UASの設計方法論では4章で述べるように利用者要求定義から始まるトップダウン型の設計プロセスを採用している。すなわち、従来の設計法では通信ネットワークの提供するサービスに基づいて応用プロセスの機能を設計するシステム指向のアプローチを取っているのに対して、本稿では、応用プロセスの機能定義に基づいて通信ネットワークに対する要求定義が仕様化される利用者指向の設計アプローチを取っている。

このため、例えばOSI参照モデルなどの標準的通信プロトコルに対して応用プロセスが要求する通信サービスを実装するため、OSI参照モデルの拡張機能の設計作業が必要になる。本稿では、標準的通信プロトコルの最上位層(応用層)に応用プロセスが必要とする通信サービスを実現するためのプロトコルを応用指向プロトコルと呼ぶことにする。

応用指向プロトコルの概念図を図1に示す。通信ネットワークは通信サービスを行なうシス

テムの論理的記述であり、例えばOSI参照モデルでは第6層（プレゼンテーション層）以下が通信ネットワークに相当する。応用指向プロトコル層は通信ネットワークと応用プロセス群の中間に位置する層である。応用プロセスAPはその通信に関する活動が標準的であれば通信ネットワークが標準的に提供する機能のみを利用して分散処理システムを構成できるが、標準から外れた通信サービスを必要とするときは応用指向プロトコル層にそのサービス機能を実現しなければならない。

従来、その必要性に応じて様々な応用指向プロトコルが開発されてきている。例えばOSI参照モデルにおいてはMHS/MOTIS, RDA, FTAM, JTM[滝沢93]などがそれであり、特定業務向きアプリケーションサービス要素(ASE)と呼ばれている。これらのサービス要素のうち特に共通に利用できるものは共通サービス要素(CASE)と呼ばれている。ASEおよびCASEは再利用性が高いサービス要素であり、これらを有効に利用することにより、今後利用者要求に応じて開発しなければならない応用指向プロトコルの開発効率を向上させることができる。

すなわち応用指向プロトコルという概念を導入することにより、利用者指向設計という観点から、標準化体系に縛られることなく、しかも標準化体系を構成部品として利用できるという利点を積極的に生かしながら、利用者要求に即した応用システムを効率的に開発できる。

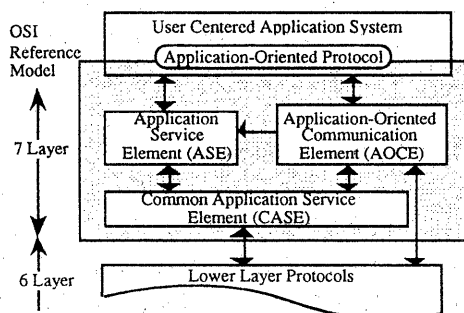


図1 応用指向プロトコルの概念図

3. 知識型設計方法論の概要

3.1 知識型設計方法論に基づく設計タスクモデリング

知識型設計方法論(KDM)は、大規模システム開発のための知識型設計タスクの一般的な枠組みとして提案されている[Kino88]。KDMにおいては、設計プロセスモデルは設計タスクの論理的単位をあらわす設計プロセス要素と、設計プロセス要素間の設計アクティビティの関係を表す設計プロセスグラフにより定式化される。設計アクティビティとしては設計結果の仕様を次の設計プロセス要素に渡すことや、設計制約により生じるプロセス要素間の競合解消などが考えられる[Klein90]。

設計プロセス要素は図2に示すように問題解決タスクとしてモデル化され、問題解決プロセスの中で、次の2種類の知識が定式化され、利用される。一つは対象とする設計問題に関する問題ドメイン[Diaz91]及び解ドメインの知識であり、もう一つは対象とする設計タスクの問題解決に関する設計ドメインの知識である。設計ドメインは問題ドメインを解ドメインに変換する知識である。KDMの枠組みの基では、これらの知識は次の3種類の知識表現スキーマによって表現される。

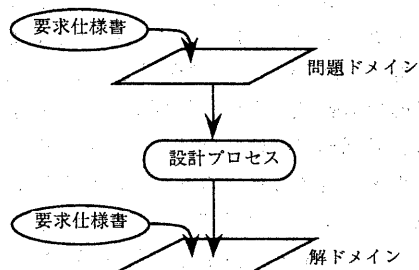


図2 知識型設計方法論のプロセス要素モデル

- 知識モデル：要求仕様、設計仕様などの設計オブジェクトとその関係など、問題と解の知識を表現する知識モデル。
- マッピング：設計プロセス要素が、問題と解の2つの知識モデル間の変換操作として定式化されるのに用いられる、知識モデル間のマッピング

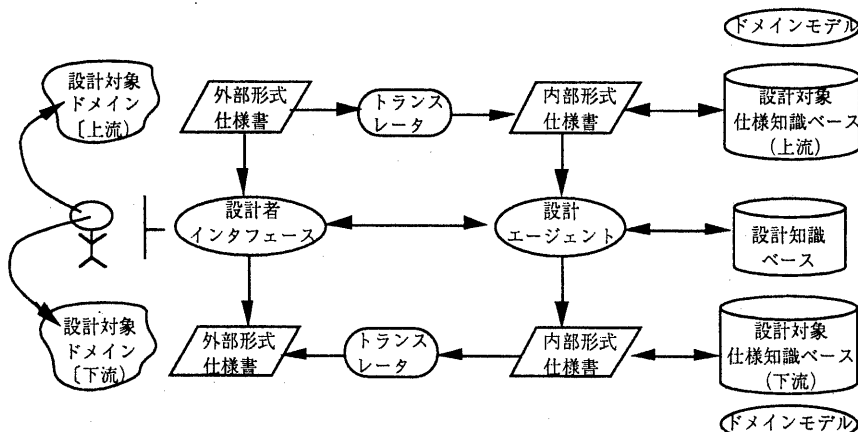


図3 知識型設計方法論に基づいた設計プロセス要素の実現モデル

グである。それぞれのマッピングは、設計者の経験則、上流／下流知識モデルのモデリングの知識、対象設計ドメインの基本的な設計知識などの、設計指向の知識によって定義される。

c) 背景知識：知識モデル、設計事例、設計履歴等の定義と構造などといった、マッピングによって参照、利用されるドメイン指向知識を表現する、背景知識。

上記の知識型設計方法論に基づいた設計プロセス要素の実現モデルを図3に示す。本モデルは知識型という特徴のほかに、(人間－機械)協調という特徴も持っている。これは、定型の設計タスクの実行や設計仮説の提示などを機械系が分担し、最終判断を人間が行なうことにより、効率的で信頼性の高い設計プロセス要素を実現する。外部形式の仕様書は人間デザイナーが設計対象を理解するためのもので、内部形式では機械エージェントの処理に適した表現形態の仕様書の記述である。内部仕様と外部仕様はその意味において1対1に対応しており、トランスレータにより変換可能である。

3.2 知識型設計方法論の特徴

KDMの枠組みは次のような特徴を持つ。

i) ドメイン指向の知識、すなわちマッピングと背景知識の定式化が知識モデルに基づき容易に行える。

ii) 知識モデルのシステム的な操作および変換によって、設計オブジェクトが効率的に導出できる。

iii) マッピング及び背景知識の連続的な拡張として、種々の問題解決機能を捉えることができる。

iv) 設計者に対する積極的な設計支援が提供できる。

4. コンピュータコミュニケーションシステム (CCS)の設計プロセスとドメインモデル

図4に知識型設計方法論に基づくコンピュータコミュニケーションシステム (CCS) の応用層プロトコルを中心とした設計プロセスの概要を示す。

CCS設計は多くの問題ドメインと設計プロセスから構成されるが、各問題ドメインを知識モデルとして表現し、各設計プロセスをそれら知識モデル間のマッピングとして定式化して、利用者の要求獲得から詳細設計までの設計過程をモデル化する。このようにCCS設計全体を知識型設計方法論の枠組みに基づいて定式化する事により、それぞれの設計プロセスにおいての系統的な設計が可能となり、様々な利用者要求を忠実に反映した利用者指向システムの開発が効率的に行える。

本稿では利用者指向という観点から、UASの

設計の際に重要な意味を持つ応用指向プロトコルの設計に焦点を当てているので、応用層プロトコル設計を中心に、CCS設計プロセスの流れと、各ドメインの概略を以下に示す。

1) 利用者視点仮想マシンモデル(UVM)

利用者からの要求や設計上の制約が、要求定義プロセス(RDP)によって獲得、分析、特定され、要求定義仕様書にあたる利用者視点仮想マシンモデル(UVM)と呼ばれる知識モデルとして表現される。UVMでは利用者から見たシステムに対する要求が、利用者の領域の言葉や概念を用いて表現される。利用者は要求を表現する時にネットワークの存在や構成を意識しないため、UVMではネットワークに関する情報は陽には記述されない。但しシステム計画者からは予算や利用範囲などから生じる制約が出され、これはUVMの制約として記述されている。

2) 設計者視点仮想マシン(DVM)

UVMは概念設計プロセス(CDP)を経て、概念設計仕様書にあたる設計者視点仮想マシンモデル(DVM)と呼ばれる知識モデルに変換される。DVMでは、利用者からの要求を反映した、設計者の観点から見た概念設計仕様書が記述される。DVMは、ネットワーク上に配置されるユーザーや資源に関する要求の知識を記述したDVM-nodeと、それらの2つのノード間の相互作用の機能要求を記述したDVM-relationから構成される。

3) DVMの仕様分割

DVMはシステム分割プロセスを経て、通信ネットワーク要求仕様、資源要求仕様、利用者インターフェース要求仕様の3種類の仕様に分割される。資源要求仕様書では資源系のノード集合の設計に必要な情報が、また利用者インターフェース要求仕様書では利用者インターフェース系のノードの集合の設計に必要な情報がそれ

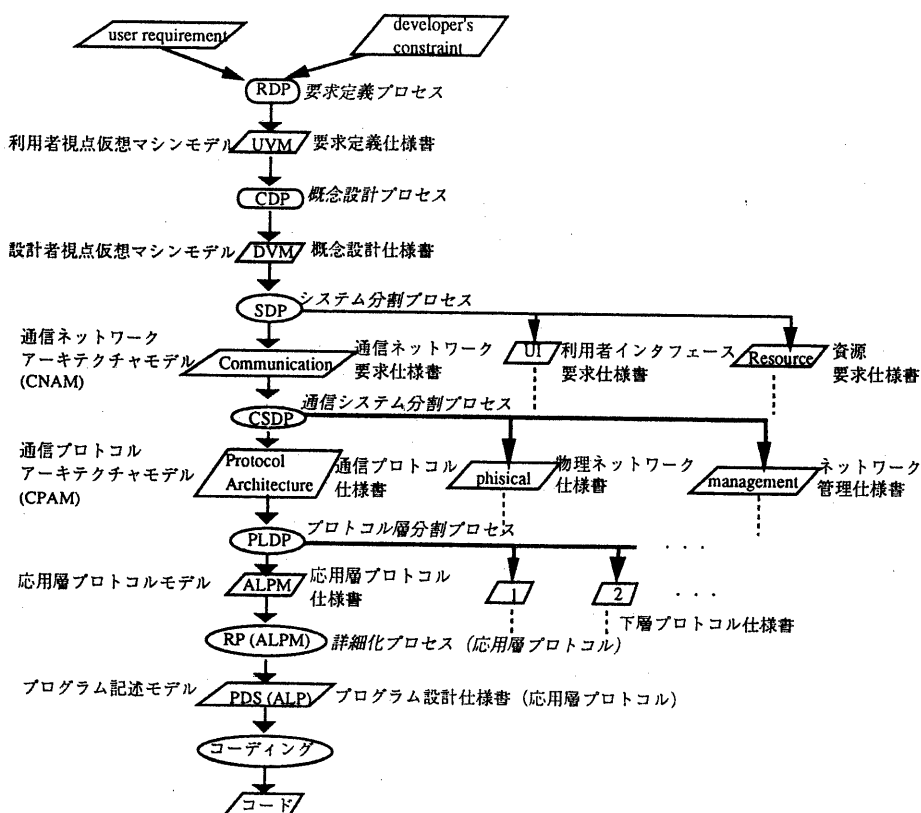


図4 コンピュータコミュニケーションシステム(CCS)の設計プロセスフロー (応用層プロトコル設計を中心として)

ぞれDVMより抽出される。

4) 通信ネットワークアーキテクチャモデル (CNAM)

通信ネットワーク要求仕様の知識モデルである通信ネットワークアーキテクチャモデル (CNAM)では、DVMから抽出された通信ネットワークの情報を、ネットワークの論理的構造の情報及び各応用プロセスの通信の振舞いの情報によって表現する。これらDVMより抽出された3種類の要求仕様に基づき、それぞれの詳細化プロセスによって更に詳細な設計仕様が導出される。

5) CNAMの分割

CNAMは通信システム分割プロセスを経て、通信プロトコル仕様、物理ネットワーク仕様、ネットワーク管理仕様の3種類の仕様に分割される。物理ネットワーク仕様書では、トポロジなどのネットワークの物理的な側面の設計に必要な要求仕様が、またネットワーク管理仕様書では、セキュリティ、課金、ログ、網監視などのネットワークの管理的な側面の設計に必要な要求仕様が記述される。これらの仕様を基にそれぞれのサブ・プロセスによって詳細設計が行なわれる。

6) 通信プロトコルアーキテクチャモデル (CPAM)

通信プロトコルの論理的仕様の知識モデルである通信プロトコルアーキテクチャモデル (CPAM)は、CCS全ての応用プロセスが通信ネットワークに対して要求する通信サービスの要求仕様及び、それらのサービスを実現するための通信ネットワークの基本プロトコルアーキテクチャが記述される。基本プロトコルのアーキテクチャとしては例えばOSIモデルやTCP/IPなどが状況に応じて選択される。

7) CPAMの分割

CPAMはプロトコル層分割プロセスを経て、通信ネットワークの基本プロトコルアーキテクチャに基づいて各層の要求仕様に分割される。各層では標準モデルの設計仕様の再利用が行われる。

8) 応用層プロトコルモデル (ALPM)

応用層プロトコル仕様書の知識モデルである応用層プロトコルモデル (ALPM)では、CPAMで記述された応用層プロトコルの設計要求仕様

を基に行なわれた応用層プロトコル設計の結果が表現される。

9) プログラム記述モデル (PDS (ALP))

ALPMは応用層プロトコルの詳細化プロセス (RP (ALPM))を経て、応用層プロトコルのプログラム設計仕様書の知識モデルである応用層プロトコル記述モデル (PDS (ALP))に変換される。プログラム記述モデルでは、プロトコル設計の仕様として一般に用いられているFDT表現が知識モデルとして表現される。この記述モデルでは、データ型や通信プロセスのアルゴリズムなどが陽に記述される。

本稿ではCPAMからALPMへの変換プロセスに焦点を当て、その概略を説明する。

5. 応用指向プロトコルの知識型設計

5.1 応用指向プロトコルの知識型設計プロセス

従来の通信システム設計においては、2章でも述べたとおりASEやCASEなどの既存のサービス要素をそのまま利用することによって、システム指向的に設計を行なっていたため、プロトコル設計の必要性は存在しなかった。しかしUASを実現しようとした場合、設計の効率化をはかるために、既存のサービス要素を積極的に再利用はするものの、利用者要求を実現する新たなサービス要素を構築するために、プロトコルの設計が必須である。前章で説明した、利用者要求を基にしたトップダウン的設計プロセスの中では、この応用指向プロトコル設計はCPAMからALPMへの変換フェーズに該当し、この設計フェーズがUAS実現のための重要な設計サブプロセスとなる。

この応用指向プロトコル設計のプロセスをKDMに基づいて実現するときに必要な知識としては次のものが挙げられる。

- (a) CPAMからALPMへのマッピングの知識
- (b) 上流設計仕様であるCPAM及び下流設計仕様であるALPMのモデリングの知識
- (c) プロトコル設計者の経験則を表現した知識
- (d) プロトコル設計の際に必要な基礎的な設計知識
- (e) 過去の設計事例、設計履歴に関する知識
- (f) 標準化されたASE、CASE、6層の提供する

サービス要素に関する知識

(g) 通信ソフトウェア設計全般に関する基礎知識
プロトコル設計は基本的には(a)によって行なわれるが、知識のマッピングを行なう際には(b)～(g)がその背景知識として利用されるため、それぞれが知識表現される必要がある。

本稿では、CPAMからALPMへのマッピングの概略を示す。

5.2 CPAM-ALPMマッピング

CPAMは、アプリケーション・エンティティが利用するサービス要素を開発する際の、プロトコルの要求仕様を表現する知識モデルである。図5にCPAMの概念的な構造を示す。

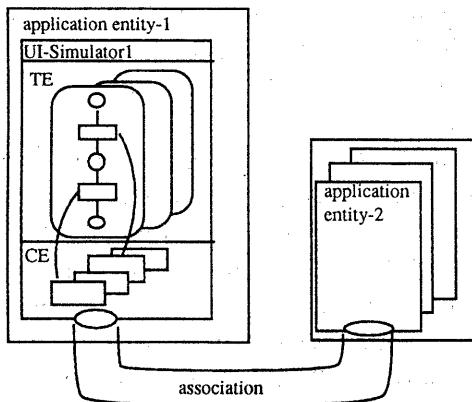


図5 CPAMの概念図

CPAMでは、それぞれのアプリケーション・プロセスの通信に関する機能を表現したアプリケーション・エンティティ(AE)と、アプリケーション・エンティティ間の論理的な通信経路を表現したアソシエーション(ASS)より構成される[滝沢93]。

CPAM ::= <AE, ASS>

ASSに関しては本稿では省略する。

アプリケーション・エンティティはその存在するノードに関する情報(tn)、その通信面から見た情報処理機能に関する情報であるトランザクション・エンティティ(TE)、及びTEが利用する通信機能を特定したコミュニケーション・エンティティ(CE)によって構成される。

AE ::= {ae | ae = <tn, TE, CE>; tn ∈ TN of CNAM}

tnはネットワーク上のどのノードにそのAEが存在するかを示す識別子であり、CNAMにおいて定義されたものである。TEは、アプリケーションプロセスの通信の振舞いを規定するものである。TE内ではCPAMレベルでのサービス要素と、その時系列が書かれる。CPAMレベルでのサービス要素とは、アプリケーション側から見た応用指向のサービス要素名であり、これはCNAMで定義されるサービス要素より更にミクロなもので、CASEやASEが提供するサービス要素と基本的には1対1に対応する。TEにおいては、サービス要素はその識別子程度の情報しか持たない。すなわち、サービス要素の時系列を特定するのがTEの役割である。

それに対しCEではそれぞれのサービス要素を実現するプロトコルを設計する際に必要な「プロトコル設計のための要求仕様」が記述される。この要求仕様はいくつかの属性と属性値で特定される。この要求仕様が応用層プロトコルの設計プロセスに渡され、プロトコル設計が行なわれ、その設計結果がALPMとして表現される。

ALPMでは7層内のサービスプリミティブとそのシーケンスが、知識モデルとして表現される。

CPAM-ALPMマッピングプロセスでは、CPAMのCEに記述されたプロトコル設計のための要求仕様からALPMが導出される。背景知識として既にASEやCASEのサービス要素が知識として獲得され表現されているので、CEの記述から既存のサービス要素を用いることが可能である場合は、それを割り当てる。そうでない場合は、要求を満たすようなサービス要素を実現するために、ASE、CASE、6層の提供するサービスプリミティブを組み合わせ、新たなサービス要素を構築する(図6)。

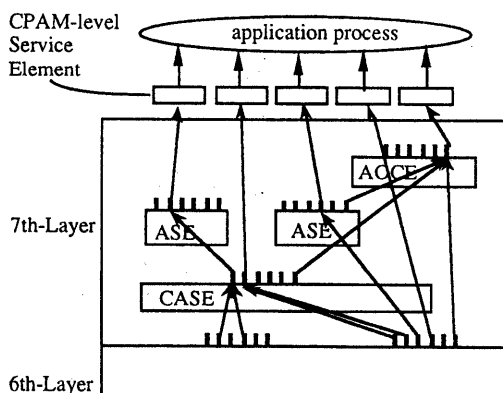


図6 応用指向プロトコル設計の概念図

6. まとめ

本稿では、知識型設計方法論に基づくコンピュータコミュニケーションシステムの設計プロセスの概略、及び利用者指向システムの実現に必要な応用指向プロトコル設計のための知識型支援方式を提案した。現在、応用指向プロトコルの知識型設計のための上流設計仕様の知識モデルであるCPAM及び下流設計仕様の知識モデルであるALPMのドメインモデルを構築するために、各対象設計フェーズのドメイン分析を行なっている。今後、マッピング知識の獲得、及び整理を行ない、この設計方法論に基づく設計支援システムの実装の検討を進める予定である。

[参考文献]

- [木下93] 木下, 菅原, 白鳥: "コンピュータコミュニケーションシステム設計のための知識型要求定義方式", 電子情報通信学会論文誌 Vol.J76-A, No.3, pp.528-539, 1993
- [白鳥93] 白鳥, 菅原: "知識型設計方法論に基づく次世代ネットワークの開発—やわらかいネットワークの構成論—", 電子情報通信学会AI研究会技術資料, 1993
- [滝沢93] 滝沢, 中村: "OSIプロトコル技術解説", ソフト・リサーチ・センター, 1993
- [電通審88] 電気通信技術審議会編: "電気通信と人工知能", オーム社, 1988
- [服部91] 服部: "インテリジェントネットワーク

における知的情報通信", 情処学会, マルチメディア通信と分散処理研究会資料, 52-1, 1991

[Diaz91] R. Prieto-Diaz, G. Arango: "Domain Analysis and Software Systems Modeling", IEEE, 1991

[Kino88] Kinoshita T., Sugawara K., Shiratori N.: "Knowledge-Based Design Support System for Computer Communication System", IEEE Journal SAC, Vol.6, No.5, pp.850-861, 1988

[Kino92a] Kinoshita T., Sugawara K., Shiratori N.: "Knowledge-Based Protocol Design for Computer Communication Systems", IEICE Trans. Inf. & Syst., Vol.E75-D, No.1, pp.156-169, 1992

[Kino92b] Kinoshita T., Iwane N., Osato M.: "Knowledge-based Interaction Control of User-Model-Driven Interface System", IEICE Trans. Fundamentals, Vol.E75-A, No.2, pp.179-188, 1992

[Klein90] M. Klein: "Supporting Conflict Resolution in Cooperative Design System", Proc. of 10th Intern. Workshop on DAI, 1990

[Shir92] Shiratori N., Takahashi K., Sugawara K., Kinoshita T.: "Using Artificial Intelligence in Communication System Design", IEEE Software Mag., Vol.9, No.1, pp.38-46, 1992

[Suga92] Sugawara K., Kinoshita T., Shiratori N.: "Knowledge-based Design Methodology with Application for Requirements Specification and Definition of Communication Protocols", Proc. 5th JC-CNSS & KITE, pp.303-306, 1992