

事例ベース推論を適用したソフトウェア再利用に基づく 通信ソフトウェア開発環境

吉村 晋* 黄 錦法** 山本 潮** 白鳥則郎**

* A I C (高度通信システム研究所)

〒989-32 仙台市青葉区南吉成六丁目六番地の三

** 東北大学工学部情報工学科

〒980 仙台市青葉区荒巻字青葉

あらまし 本稿では、多人数で効率的に大規模通信ソフトウェアを開発するための分散協調型ソフトウェア開発環境[1]において事例ベース推論(CBR: Case Based reasoning)の通信ソフトウェア再利用への適用可能性を示す。特に通信ソフトウェア開発の上流工程(FDT記述段階)での適用性に言及する。その上で著者らが提案した仕様記述言語HSC[2]、およびISOで標準化がなされているLOTOS[3]における仕様開発環境でのCBRの適用例を示すとともに、CBRを用いた通信ソフトウェア再利用支援システムを提案する。

和文キーワード 通信ソフトウェア開発環境, 仕様記述言語, エキスパートシステム, 事例ベース推論,
ソフトウェア再利用支援, LOTOS

Communication Software Development Environment based on the Software Reuse Methodology utilizing Case Based Reasoning

Susumu Yoshimura* Ching Fa Huang** Ushio Yamamoto** Norio Shiratori**

* Advanced Intelligent Communication System Laboratories

6-6-3, Minamiyoshinari, Aoba-ku, Sendai-City, Japan, 989-32

** Faculty of Engineering, Tohoku University

Aza-Aoba, Aoba-ku, Sendai City, Japan, 980

Abstract This paper proposes a new design method utilizing knowledge based technology for designing large-scale communication softwares. The framework of support system is based on the computer-supported co-operative work and the application of CBR(Case Based Reasoning) technology. The first target is an efficient development approach for user-requirement acquisitions and specifications. Two examples are shown. They are applications of CBR for reuse the specification blocks written by HSC proposed by us [2] and for reuse the specification blocks written by LOTOS[3].

英文 key words environment of communication software development, specification description language,
expert system, case based reasoning, software reuse support system, LOTOS

1. はじめに

大規模通信ソフトウェア開発が基本インフラ技術としてますます重要になると同時に、その開発負担が通信キャリア、ベンダならびに通信機器・ソフトウェア開発メーカにとって多大な負担になりつつある。通信システムでは相互通信性の保証のためにCCITT、ISO等で通信プロトコルの標準規約の制定やINTAP等で実装規約の制定等の努力がなされている。しかし標準に準拠した通信ソフトウェア製品が開発されても、互換性／相互利用は難しい。まして通信ソフトウェア部品の共通利用の実現には多くの困難がある。また近年はフレックスタイム制の導入、地方システムセンタへの分散等により、ソフトウェア開発を集中的にデザインレビューする開発方式でなく分散地域で協力する開発方式が増加しており、この傾向は今後一層進展する状況にある。このような分散協調体制の下で通信ソフトウェア開発をいかに効率化するか、従来開発された部品をいかに有効に活用するかが開発上の重要な鍵となる。

そこで我々は分散開発環境で通信ソフトウェア部品の再利用を意識して、ノウハウを蓄積し、自由に利用できる知識ベースを具備した分散協調型通信ソフトウェア開発支援環境を研究開発している[1, 4, 5]。また本環境を構築する上で事例ベース推論(CBR: Case Based Reasoning)が有効であると期待して研究を行いつつある。

通信ソフトウェア開発工程の中で部品化・再利用を行う局面は、要求獲得、仕様記述・レビュー、ソフトウェア基本設計等の上流工程から、ソフトウェア詳細設計、コーディング、デバッグ、単体検査、コンFORMANCE試験、相互接続性試験等の下流工程、さらに運用保守、改良拡張等の後工程段階まで存在する。

本稿では、要求獲得、仕様記述・レビュー等の上流工程を研究開発対象とする。2章で分散協調型通信ソフトウェア開発を概観する。3章で本環境におけるCBRの通信ソフトウェア再利用への適用について概観するとともに、特に上流工程(FDT記述段階)での適用性に言及する。4章で著者らが提案した記述法HSC(Hierarchical

Sequence Chart)[2]の仕様開発環境でのCBRの適用例、5章でLOTS[3]の仕様開発環境でのCBRの適用例について述べる。最後に6章でCBRを用いた通信ソフトウェア再利用支援システムを提案する。

2. 通信ソフトウェア開発過程と分散協調型

ソフトウェア開発環境

2.1 分散協調型通信ソフトウェア開発

分散協調型通信ソフトウェア開発方法に関して、文献[1]で既に述べているので、本節では本稿の主題に関する部分を中心に述べる。通信ソフトウェア開発過程の概要を図1に示す。

2.2 本環境構築のポイント

分散協調環境下で効率的に通信ソフトウェア開発のサポートを行う際のポイントは次の通り。

- (1) 標準化により共通部分を明確にする。
- (2) 過去に作成した、あるいは現在作成中のソフトウェア資産を有効に利用する方策。

☆ソフトウェアの標準部品化、準標準部品化
標準仕様の部品展開戦略(再利用可能にする)

	項目	方策	分散協調作業要素
上 流 工 程	要求獲得	簡易仕様記述	要求仕様意識合せ
	要求仕様記述		通信標準規約
	サービス仕様 プロトコル仕様	FDTによる仕様記述 (厳密な仕様)	要求仕様記述分担 部品切分け、再利用
	要求仕様検証	要求仕様検証支援技術	仕様レビュー 要求段階での テスト仕様検討
中 流 工 程	ソフト設計 基本	仕様 => 設計 基本設計	仕様フェーズ 開発分担決定合せ 部品の再利用方針
	詳細	詳細設計 テスト仕様設計	部品再利用での効率化 テスト項目
	プログラミング	コーディング デバッグ テスト	コーディング デバッグ 単体、組合わせ試験
	適合性試験	適合性試験環境 適合性試験スイート	協調的試験環境
後 工 程	相互接続試験	相互接続試験環境 相互接続試験スイート	協調的試験環境
	保守・改良 拡張	バージョンアップ 機能付加	問題点の洗いだし 改良・拡張部分切出し ノウハウにより分担 改良・拡張部分の設計

図. 1 通信ソフトウェア開発の概要

☆過去、現在作成中のソフトウェア資産（ノウハウも含む）の知識ベース化『蓄積と有効利用の重要性』。

- (3) 分散協調開発環境のもとでシステムインテグレーションのメリット、問題点を明確化。

3. 事例ベース推論（CBR）の通信ソフトウェア再利用への適用性

3. 1 事例ベース推論（CBR）の現状

CBRに関しては、文献 [6, 7, 8, 9] などでも多くの適用研究事例が示されている。現在最も実用化に近い部分は『機械設計のような標準部品、準標準部品が予め用意され、組合せてシステム構築する場合 [7, 8] などでは組合せに関する適用知識が事例ベースに蓄積される』事例である（図2）。

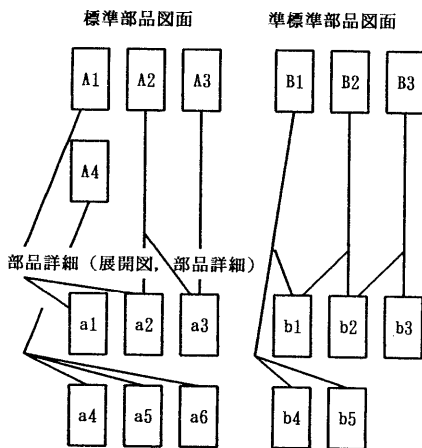


図2 機械設計のように標準部品が明確な場合

これは標準要求仕様に対しては、標準の組合せで対処出来、特殊仕様に対して事例ベースに蓄積されている類似事例を捜し、組合せる部品の選択、修正を行う。逆に新規開発の場合にはCBRを適用する意義は低い。

3. 2 通信ソフトウェアの特質とCBR適用

通信ソフトウェアは、以下の特質を持つ。

- (1) 通信ソフトウェアは、インタオペラビリティがないと意味がないため、標準規約検討、規定化に熱心。
- (2) 通信ソフトウェアの分野は、研究開発者が比較的固定化しており、過去の事例を利用して開発する状況が慣習化している。

- (3) OSIの7レイヤモデルの様な通信階層が明確に規定され、部品展開が比較的やり易い。また部品の目的、条件、制限等が明確になり易い。
- (4) 通信ソフトウェア用FDT等の仕様言語系が固まり、仕様記述段階でのソフトウェアの統一規定がし易い。

『問題点』

- (5) 開発者、チームの一部の者のみにタイミング、失敗例などの知識資源が集中し、しかもノウハウ収集が困難である。
- (6) (5)と関連して、部品展開『具体的には、サブルーチン、ライブラリ化』が開発時点で十分でなく、部品合成で構築できる段階でない。そこで通信ソフトウェアへのCBR適用は有効だが、まだ相当の難易度を持つと考えられる。

3. 3 CBRの有効な局面

通信ソフトウェア支援環境でCBRの有効性を期待する理由は次の通り。

- (1) 現実の通信ソフトウェア開発におけるノウハウが事例中心に与えられ、開発者間で継承されている事実。
- (2) 知識やノウハウを開発者、研究者間で協調して獲得し、再利用する知識ベースに基づくソフトウェア開発支援ツールが望まれており、CBR技術との相性が良いこと。

本環境でCBRが有効であると想定される局面は、現在、経験や先見事例に基づいて開発チームで互いに継承し合って開発作業を行う部分である。本局面は、様々な工程で存在する。

- (a) 上流工程：●要求獲得・サービス仕様記述

- ソフトウェア仕様記述
- 仕様レビュー・仕様検証
- 基本設計

- (b) 下流工程：●詳細設計

- コーディング
- デバッグ

- (c) 後工程：●運用保守・改良拡張

ソフトウェア部品がハード部品と同様にほぼ完全に規格化されているならば、(b)がCBRの適用に適しているが、3.2節(5)、(6)の理由により、まだその状況でない。

(c) 局面も C B R の利用局面として適している。現実に開発事例が存在し、運用時に問題点が発生したり、新たな改良・拡張要求が生じる局面は自然に C B R を適用でき、仕様記述、設計、プログラム開発に関する成功、失敗のノウハウ、知識が事例ベースに蓄えられているからである。しかし (b) 局面と同様の問題がある。

そこで現在、適当な研究対象は、(a) 上流工程 (F D T 記述段階) である。但し (b)、(c) でのソフトウェア部品は、上流工程で分析作成された仕様部品の具体化 (図 3) なので、本アプローチは、将来、(b)、(c) での再利用へも拡張できる。

また現在でも標準化された部品の蓄積や、仕様部品とソフトウェア部品間の『関係、条件、利用上の注意、適用範囲、修正の必要点等のノウハウ知識』を C B R システムに蓄積することにより、(a) 上流工程とタイアップした (b) 下流工程への C B R の適用が期待できる。

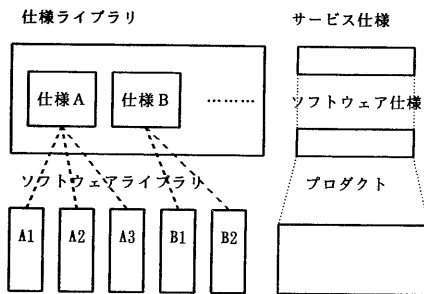


図3 仕様部品とソフトウェア部品の関連

3. 4 仕様記述での事例ベース推論の適用

まず要求仕様獲得、サービス仕様記述において C B R を適用する方法の概要を示す。

(1) 要求仕様獲得法

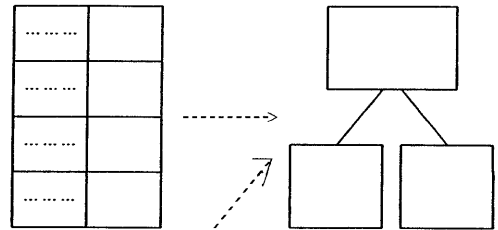
要求仕様は自然言語でなされるが、自然言語解析技術が十分でない時点では、得策でない。そこでテンプレートと問合わせの併用で要求仕様を取り込み、要求仕様内部フレームに変換する形式にしている (図 4)。要求仕様内部フレームと C B R のマッチングにより類似事例が検索される。

(2) 分野の明確化

通信サービスと言っても電話サービスからコンピュータネットワークサービスまで広範囲の分野

が存在する。そこでシステム利用者に予め分野を宣言して貰うことにより、事例獲得、利用の効率化を狙う。

①テンプレート (インデックス) 要求内部表現フレーム



②質問応答

- (1) …ですか? (yes, no, ?)
- (2) …ということは? (yes, no, ?)
- (3) 何故…ですか? (because A, B, C, ?)

図4 要求仕様獲得

(3) キーワード

通信仕様中の標準用語、良く利用される用語、類語などをキーワードとして利用する。これは仕様・仕様部品作成時に、作成者が数種のキーワードを記入、あるいは例示キーワードから選択することにより仕様、仕様部品の再利用時の類似性判定に利用する。

(a) サービス仕様キーワード (類語含む) 例

電話サービス、基本電話サービス、電話の基本サービス、キャッチホンサービス、転送電話サービス、3者間会議電話サービス、フリーダイヤルサービス、ファクシミリサービス……

(b) 部品レベルでのキーワード (類語含む) 例

初期化、接続、接続要求、発呼、発呼要求、呼設定、通信中、切断、切断要求、解放、正常応答、無応答、エラー応答、……

(4) C B R 類似性判定

仕様段階の類似性判定方法は、次の項目および、これらの項目の組合せで行う。

- 要求仕様表現フレームと事例ベースの条件仕様フレームの形態的類似性
- キーワード (複数個) の類似度
- 仕様名称、部品名称の類似度
- 仕様のグラフ的類似性
- F D T (例: LOTOS) 等での類似性の概念を新

たに規定し利用する。

●メタ概念上の類似性

- ・仕様の開発状況，類似開発事例を利用して成功した等の情報。
- ・通信ソフトウェアにおける基本概念のモデル知識から論理的に帰結される事項等。

『例：トランスポート層のソフトは，ネットワーク層のソフトを利用する関係である。
(競合しない)。』

事例ベースに蓄えられる事例フレームは，次の2種類からなる。

(a) 仕様事例：仕様・部品仕様事例フレーム

(b) 用例：[条件仕様フレーム] → [帰結仕様フレーム]

(b) は(a) 条件では満たされないが，成功した同種の仕様事例，失敗した仕様事例等のメタ概念上の類似性を表現する。

C B R は，次の2種類の類似マッチングで類似仕様を検索する。

- 要求仕様内部フレームと(a) の事例フレームとの類似マッチング
- 要求仕様内部フレームと(b) の条件フレームとの類似マッチング

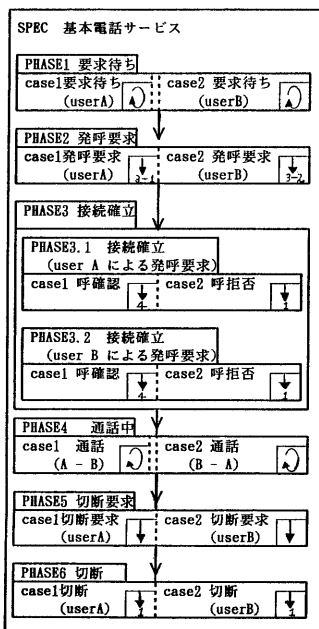


図5 HSCでの仕様記述例

4. HSC (Hierarchical Sequence Chart)

への適用

仕様記述言語HSCについては文献[2]を参照されたい。本稿ではC B R適用のためのHSC仕様の情報付加，仕様獲得法，類似度の導入例を示すとともに簡単な適用事例について述べる。

4. 1 C B R適用の為のHSC仕様の情報付加

HSCに次の様な情報付加を行う。

仕様段階：仕様名以外に次の情報を付加。

●分野名設定 (選択)。

●キーワード (複数個) を自由に設定，あるいはキーワード表示例から適宜選択。

また模範となるキーワード設定事例を表示参照できるようにしている。

●条件項 (分野により異なる)

フェーズ段階：フェーズ名以外に次の情報を付加。

●キーワード (複数個) を自由に設定，あるいはキーワード表示例から適宜選択。

また模範となるキーワード設定事例を表示参照できるようにしている。

●条件項 (前提条件，限定条件，上位仕様名「複数」，コメントなど)

ケース段階：ケース名以外に次の情報を付加。

●キーワード (複数個)，条件項設定に関しては，フェーズ段階と同様。(但し条件項は，上位仕様名の代りに上位フェーズ名を指定。)

シーケンス段階：シーケンス名以外に情報を付加。

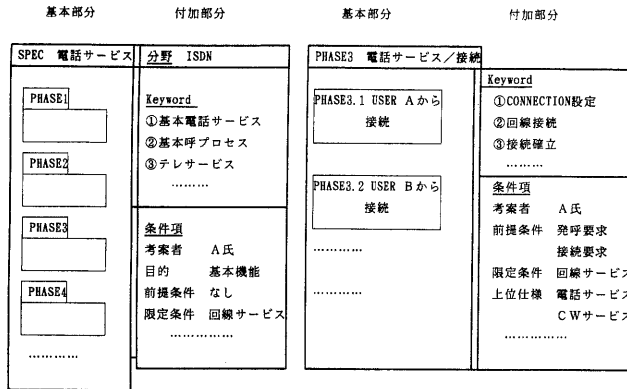
●条件項 (前提条件，限定条件，上位ケース名「複数」，コメントなど)

電話の基本呼プロセス[10]のHSCによる記述例を図5に示す。またHSC仕様記述での情報付加例を図6に示す。

4. 2 テンプレートに基づいた仕様獲得

仕様，フェーズ，ケース，シーケンスの各段階で3. 4の(1)でテンプレートベースで仕様を獲得する。テンプレートで利用者が記入(選択)しなかった必須条件は，質問応答で加える。各レベルのテンプレートは，必須項が埋まった段階で，要求内部フレームに変換される。

要求仕様内部フレームと，事例ベース中の仕様事例フレームまたは用例の条件フレームとの類似



6-1 仕様レベルの情報付加例

6-2 PHASE レベルの情報付加例

図6 CBR適用のためのHSC言語への情報付加例

性指標値が算定され、閾値以上の類似性指標値の候補が指標値の高い順に検索表示される。利用者がこれらの候補仕様、仕様部品等を再利用可能と確認後、自動・半自動的に仕様に取込んで適切な修正を加える。

4.3 類似性指標の考え方

類似度は（0：類似性なし～1：等価）の数値で設定される。

●キーワード間の類似度

図7に仕様キーワード間の類似性のセマンティックグラフ例を示す。グラフにおいて、キーワード間が直接結合されるか、パスが存在する場合に類似性がある。ここで線に付随するカッコ付き数字(0.4)がキーワード間の類似度を表す。またキーワード間にパスが存在する場合、パスの各線に付随する数値の積がキーワード間の類似度になる。

例えば図7で会議電話サービスと電話サービスの類似度は、0.32(0.8×0.4)である。但しキーワード間に複数パスが存在する場合は、最大の類似度をとるパスの類似度をキーワード間の類似度とする。

●キーワード集合間の類似性指標

要求仕様内部フレームのキーワード集合 Δ と事例ベース中の仕様事例フレーム、又は用例の条件フレームのキーワード集合 Θ 間の類似性指標例Sを次の様に定義する。

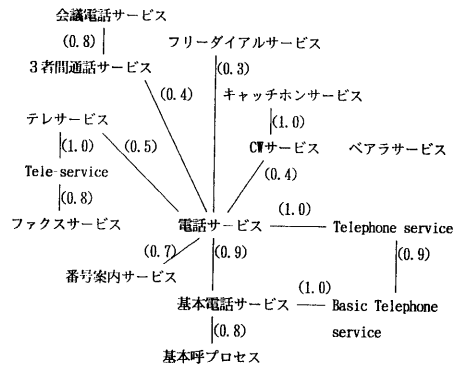


図7 仕様キーワード間の類似度例

Δ と Θ の間の類似する全てのキーワード対の集合 $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ に対し各キーワード対の類似度を α_i とすると、類似性指標例Sは、

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\alpha_i}}$$

例：図7より $\Delta = \{\text{基本電話サービス}\}$ 、 $\Theta = \{\text{CWサービス, キャッチホンサービス}\}$ の時、 Δ と Θ の間の類似する全てのキーワード対の集合は、 $\{(\text{基本電話サービス, CWサービス}), (\text{基本電話サービス, キャッチホンサービス})\}$ 。

このときの類似性指標（例）Sは次の通り。

$$S = (0.9 \times 0.4 + 0.9 \times 0.4 \times 1.0) \div (1 + 1/2) = 0.72 \times (2/3) = 0.48$$

●フレーム間の類似性指標

フレーム間の類似性指標は次の指標の重み付き和として定義される。

①キーワード集合間の類似性指標

②条件項間の類似性指標

③フレーム構造形式間、その他の類似性指標

このフレーム間の類似性指標が、ある閾値を越えたものが類似事例候補となる。

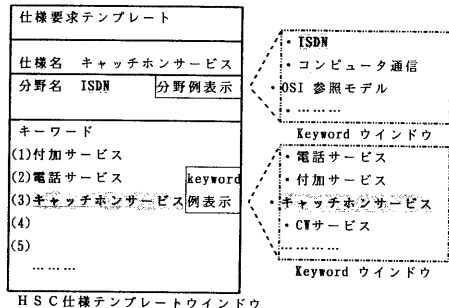
4.4 HSCでのCBRの適用例

キャッチホンサービス(CWサービス)仕様作成時に、基本電話サービス仕様の部品を再利用するためのCBRの適用例の概要を示す。

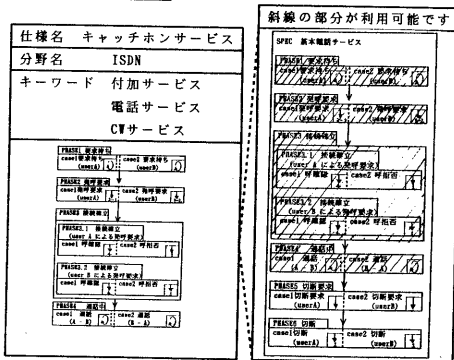
利用者がキャッチホンサービスの仕様をHSCで作成する時点で、(図8の8-1)の形態で要求問合せを行う。仕様名称を記入後、対象分野、キ

ワードの入力を行う。キーワードの直接入力が増える場合も想定して、分野、キーワード例を予め表示・選択することも併用する。これとともにキーワード表現の推奨事例を表示して利用者に提供する。入力の後、内部要求表現フレームに変換され、CBRの類似度マッチングの結果、基本電話サービスの仕様事例が表示され、すでに再利用可能と想定される部分を指摘する(図8の8-2)。

そこで利用者はキャッチホンサービスの追加フェーズの要求獲得(フェーズ段階)を行い、この操作を同様に続ける。



HSC仕様テンプレートウィンドウ
8-1 仕様要求レベル



HSC仕様エディタウィンドウ 類似例表示ウィンドウ
8-2 再利用可能部分の指摘

図8 CBRのHSCへの適用例

5. LOTOSへの適用

仕様記述言語LOTOSについては文献[3]を参照されたい。本稿ではCBR適用のための方策、類似度導入および、適用事例について述べる。

5.1 CBR適用のための方策

LOTOS仕様のケースは、仕様を容易に開発するためのテンプレートベースの仕様構築ツール(MBP)を開発している[11]。本ツールは、MBPをベースにテンプレートに従って、以下の内容を入力して行くことにより、LOTOS仕様の作

成支援を行う仕組みになっている。

- | | |
|-----|----------------|
| 入力順 | (1) 仕様名 |
| | (2) ゲート名 |
| | (3) ファンクショナリティ |
| | (4) データタイプ名 |
| | (5) プロセス名 |
| | (6) プロセスのゲート名 |
| | (7) プロセス間の関係定義 |

4章(HSC)の場合と同様にキーワード、条件項等を情報付加するとともに、上記の(1),(4),(5),(7)の入力段階で同様な手法でCBRによる類似例検索の利用が可能である。

5.2 類似例検索

4章(HSC)と同様に名称、キーワード、条件項等による類似指標計算を行い、要求仕様に類似する仕様(仕様部品)事例を検索する。またLOTOSでは理論的な等価性の考え方が利用できる。例えばLOTOSの類似等価性の考え方である。オートマトン理論では、オートマトンAをオートマトン $B \times C \dots \times K$ で実現する『つまりオートマトンAと等価である』という考え方である。

5.3 LOTOSでの適用例

LOTOSでの適用例の概要を図9に示す。本例では、CBRによる類似仕様部品検索を仕様、データタイプ、プロセス記述の各段階で行う。

6. 通信ソフトウェア再利用支援システム構成

本システムはクライアント・サーバ方式の分散協調型ソフトウェア開発支援システムである(文献[1])。ユーザインタフェース部分は各クライアントWSに存在し、CBRおよび知識ベース部分はサーバWS上に構築される(図10)。CBRおよび知識ベースの構成概要図を図11に示す。ここでCBR・知識ベースエンジンはARTIMを採用している[12]。

7. おわりに

本稿では、通信ソフトウェアの再利用を目指し、CBR(事例ベース推論)を用いた分散協調型ソフトウェア開発支援環境について述べた。特に通信ソフトウェア開発の上流工程(仕様記述)に於けるCBRの適用に言及した。またHSC言語、

LOTOS言語での仕様開発環境におけるCBR適用方法を具体的に示すとともに研究開発中の通信ソフトウェア再利用支援システムの構成について示した。今後、システムの詳細部分の研究・開発を行うとともに、多様な通信ソフトウェア仕様例で効果を実験評価する予定である。

「謝辞」

本研究に対して日頃ご支援頂いている東北大学野口正一教授，AIC緒方秀夫常務，および熱心にご討論頂いた白鳥研，AICの研究室の諸氏に感謝する。また事例ベース推論に関して貴重な助言を頂いたICOT新田克己室長に感謝する。

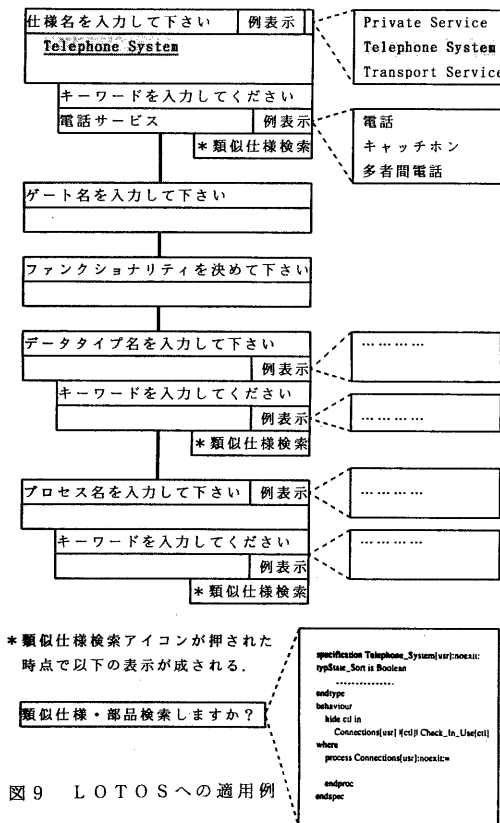


図9 LOTOSへの適用例

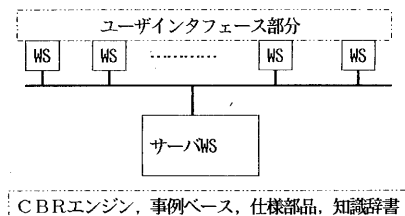


図10 クライアントサーバ型分散支援システム

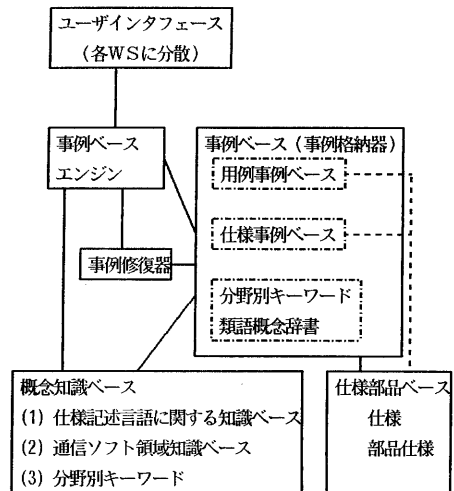


図11 システム構成の概要

【参考文献】

- (1) 白鳥則郎，郷健太郎，山本潮：“分散協調型ソフトウェア開発環境とその通信ソフトウェアへの応用”，信学技報，IN-91-119 (1991)。
- (2) 黄錦法，高橋薫，白鳥則郎，野口正一：“シーケンス図に基づいた仕様記述法HSCの提案とその適用”，信学技報，SSE 91-117 (1991)。
- (3) ISO: “Information Processing Systems - Open Systems Interconnection - LOTOS - A Formal Description Technique based on the Temporal Ordering of Observational Behaviour”，ISO 8807 (1989)。
- (4) T. Kinoshita, et al.: “A Knowledge Based Design Support System for Communication Systems”，IEEE Journal SAC, Vol. 6, No. 5 (1988)。
- (5) N. Shiratori, et al.: “An Advanced Environment for Communication Software Design”，IEEE Software Magazine Vol. 9, No. 1 (1992)。
- (6) 小林重信：“事例ベース推論の現状と展望”，人工知能学会誌，Vol. 7, No. 4, pp. 559-566 (1992)。
- (7) 仲谷善雄，築山誠，福田豊生：“事例ベース推論によるエレベータ設計支援”，人工知能学会誌，Vol. 7, No. 4, pp. 587-591 (1992)。
- (8) 服部雅一，田中利一，末田直道：“事例ベース推論による機械設計”，人工知能学会誌，Vol. 7, No. 4, pp. 597-602 (1992)。
- (9) 新田克己：“法的推論システムHELIC-II”，人工知能学会誌，Vol. 7, No. 4, pp. 603-607 (1992)。
- (10) CCITT BLUE BOOK 分冊Ⅲ.7：“Iシリーズ勧告：サービス総合ディジタル網(ISDN)一般構成とサービス内容”，日本ITU 協会(1992)。
- (11) N. Shiratori & E-S Lee: “A User Friendly Specification Environment for FDT and its Application to LOTOS”，Proc. of 11-th Annual International Phoenix Conference on Computer and Communications, April (1992)。
- (12) 黒川高光：“CBR機能を組込んだ「ART-IM」とドメイン・シェル「CBR Express」”，日経AI別冊1992冬号