

通信サービスの視覚的な要求仕様化支援法

高見 一正[†] 太田 理^{††}

これまで、通信サービスを実現するソフトウェアの仕様設計支援は通信システムをホワイトボックスと捉えて、その内部動作に着目して仕様設計を支援する技術の検討が中心に行われてきた。一方、IN (Intelligent Network) のサービス開発に見られるように、通信システムを論理的に階層化し、交換処理を実現するソフトウェア開発と分離して、このようなソフトウェア設計者とは異なるスキルを持った設計者 (非専門家) が新しいサービス仕様の設計ができる支援手法の研究が進められている。本論文では、このような非専門家による通信サービスの提案と仕様設計を支援することを目的として、ユーザの視点からの図形による仕様設計支援法を提案する。本論文では、仕様記述モデルとして端末の状態とイベントに基づく状態遷移モデルを採用し、端末状態とイベントの図形シンボルによる仕様記述法、通信サービス仕様の動的な振る舞いをアニメーションにより表現した仕様確認法、および新規サービス仕様と既存サービス仕様間で検出された状態遷移の非決定性に起因するサービス競合を解消するための解消仕様の生成アルゴリズムと生成仕様の図形表示による支援法を実現した。更に、本手法に基づく複数サービスの仕様化支援実験結果についても述べる。

A Visual Design Support Method for Specifying Telecommunication Services Requirements

KAZUMASA TAKAMI[†] and TADASHI OHTA^{††}

Until now, in software specification design support to realize telecommunication services, a communication system is modeled as a white-box and it is mainly the specification design support techniques that direct their attention to the internal behavior of the system, that have been studied. In contrast, as a characteristic trend of service development in IN (intelligent network), a new service design support method that facilitates new service specification design by service designers (so-called non-experts who have no professional knowledge of communication systems), is studied. In this paper, to support new service proposals and specification designs by non-experts, a specification design support method that uses graphical symbols from the user's viewpoints, is proposed. In this paper, a state transition model based on terminal states and its events is adopted as a specification description model and the following are realized: a specification description method that uses graphical symbols of the terminal state and its event, specification verification by representing the dynamic behavior of the service specification in animated form, and support by generating the resolution specification of service interactions between new and existing services, whose interactions are caused by non-deterministic state transition, and displaying the generated resolution specification with graphical symbols. Moreover, the specification support experimental results of several services using the proposed method are described.

1. はじめに

通信サービスの多様化に伴い、通信サービスを実現するソフトウェア開発の効率化が望まれ、ソフトウェア開発の上流工程において要求仕様を早期に確定する

ことの重要性が認識されている。通信サービスに対する要求を正確に反映した要求仕様を獲得するためには、サービス開発者が要求を直接記述できることが必要となる。本論文では、サービス開発者による要求仕様記述を可能とするための新しい支援法を提案する。

これまでの設計支援は、交換機の仕様や OSI のプロトコルを規定するための仕様記述言語をベースとして、高い技術力を持ったソフトウェアシステム開発者が要求を分析し、要求を形式的に記述する仕様化を支援する技術が中心に検討されてきた。このような支援技術として、CCITT や ISO において開発された形式

[†] NTT ネットワークサービスシステム研究所 高機能処理研究部 株式会社

Intelligent Network Systems Laboratory, NTT Network Service Systems Laboratories

^{††} ATR 通信システム研究所 通信ソフトウェア研究室

Communication Software Department, ATR Communication Systems Research Laboratories

的仕様記述言語である SDL, Estelle, LOTOS に基づく設計支援システムが報告されている^{1)~3)}。文献 1) は SDL/GR で記述した仕様を C 言語に変換して仮想的に実行させ、その結果を信号シーケンス図等で表示し確認しながら仕様化するシステムである。また、文献 2) は Estelle に基づくシステムであり、通信システムを OSI 参照モデルで定義して仕様を記述し、テキストに変換してシミュレーションにより確認する。文献 3) は、LOTOS の言語的難しさ(例えば、記述のしにくさや理解の難しさなど)を支援するために、テキストと図形シンボルを相互変換する GLOTOS に関する研究も進められている。文献 4) では、Petri-Nets に基づく記述と仮想実行のための設計支援環境が提案されている。これらの支援システムの多くは、形式的仕様記述言語をベースとしており、言語に関する知識と通信システムに関する専門的な知識を必要とする設計者がソフトウェア仕様設計段階において主に適用することを前提に実現したものといえる。

しかしながら、近年研究が盛んな交換システムにおける IN (Intelligent Network)⁹⁾では、サービス機能配備の階層化によるサービス追加の柔軟性の向上を図るという観点から、物理的・論理的サービス制御アーキテクチャ、信号プロトコル(フォーマット、コーディング、手順)、モジュール化された機能とその機能配備法等の通信システムに関する専門的な知識を必要としないサービス開発者(非専門家)が通信サービスを仕様化できるような環境に重点がおかれているのが特徴である。このため、そのようなサービス開発者のための仕様化支援技術が必要となる。このような非専門家を対象とした支援技術としては、前記文献 1)~4) は使えない。また、新たな支援法として信号を抽象化した情報フローに基づくメッセージシーケンス図によりサービス仕様設計を支援するシステム⁹⁾が提案されているが、信号方式、SDL 言語、サービス制御アーキテクチャに関して設計者が考慮しなければならず、通信システムの内部構造に関する専門的知識を持たず、かつ形式的仕様記述言語を知らない非専門家にとっても新サービスの提案と設計が行えるような仕様化支援法にはならない。

本論文では、このような状況を考慮して、非専門家でも通信サービスの要求仕様化が図れる支援法について提案する。本論文では、ユーザの視点からの仕様記述モデルとして端末の状態とイベントに基づく状態遷移モデルによる記述法を採用し、仕様記述の図形による支援法、記述仕様のアニメーションによる確認法および状態遷移の非決定性に起因するサービス競合の解

消支援法を実現した。

以下、本論文では、2 章で通信サービス要求仕様化支援への要求条件、3 章で図形による仕様記述、4 章でアニメーションによる仕様確認、5 章でサービス競合解消支援、6 章で要求仕様化支援環境、7 章で記述実験による評価と考察を述べる。

2. 仕様化支援への要求条件

非専門家による通信サービス要求の仕様化を可能とするための必要な条件について述べる。まず、非専門家としてどのようなスキルを持った人を対象にしているかを述べる。次に、非専門家による通信サービスの要求仕様の設計のあり方について述べ、仕様化支援への要求条件をまとめる。

非専門家とは、新しい通信サービスの提案と開発ができる設計者である。しかし、そのような設計者は既存の通信サービス仕様に関する詳細な知識、通信システムの内部構成とその内部動作、プロトコルに関する詳細な知識、更に通信サービスを実現するソフトウェアの開発に関する専門的な知識を必ずしも持つ必要はない。

通信サービスに対する要求仕様は、サービスを利用するユーザの側にとって考えられるべきである。また、その記述仕様は、機械処理を実現するため、形式的な記述言語とする必要がある。しかし、非専門家に対しては、記述の形式性に縛られた違和感を緩和する必要がある。さらに、設計の最初からサービスの正確なイメージを持ち、記述できるとは限らず、設計者の頭の中にあるぼんやりとした断片的な要求を書き下しては、それらを繋ぎ合わせていくような設計スタイルがほとんどであるため、記述サービスのイメージが浮かびやすく、かつ直感的に記述できるべきである。

また、記述した仕様が設計者の意図したとおりの動作を規定しているかの確認が必要となる。専門家(技術者)は、形式的な言語に熟知しているため、記述仕様を目視で辿りながらサービスの動的な振る舞いを頭の中で描き、意図した要求仕様と一致しているかの確認を行うことができる。しかし、非専門家に対しては、形式的な言語を非専門家が直接解釈しなくても、記述仕様の確認ができなければならない。

新しいサービスの記述が完了すると、その新しいサービスの要求仕様が既存サービス仕様と矛盾がないかの検証が必要となる。専門家(技術者)は数多くの既存サービス仕様の詳細まで理解しており、また通信システムに関する知識を持っているため、それらのサービスが同時に提供された状況を想定することができ、

サービス競合の発生の有無を検出できる。しかし、非専門家に対しては、既存サービス仕様を詳細に理解しなくても、サービス競合を検出でき、解消仕様を設計できなければならない。

上記で述べたような設計を支援するための要求条件としては、以下が考えられる。

- (1) 通信システムの内部動作を隠蔽して、ユーザの視点から仕様が記述できること。
- (2) また、記述サービスのイメージが浮かびやすく、かつ頭に浮かんだサービス動作が直感的に記述でき、曖昧で断片な記述を許容し、書きたい仕様のどこからでも記述（宣言的記述）ができること。
- (3) 一方、記述仕様の機械処理を実現するため、形式的な記述言語に変換できること。
- (4) 記述内容の確認を支援するため、記述仕様の動的な振る舞いを視覚的に表現できること。
- (5) 新サービス仕様を既存サービス仕様に加した場合に、設計者が既存サービス仕様について詳細な知識が無くてもサービス競合を検出でき、かつ解消仕様を生成できること。

本論文では、上記要求条件を満たすために、端末状態とイベントに基づく図形による仕様記述法、サービス仕様の動的な振る舞いをアニメーションにより表現した仕様確認法およびサービス競合検証として状態遷移の非決定性に起因するサービス競合の解消支援法について以下で提案する。

3. 図形による仕様記述

3.1 サービス要求仕様

まず、本論文におけるサービス要求仕様の記述モデルについて定義する。サービス要求仕様は、2章で示した要求条件(1)を達成するため、通信サービス動作を、通信システムの内部動作には立ち入らないで、ユーザの視点からの端末状態とイベントからなる状態遷移モデルにより記述する。これは、通信システムに関する詳細な知識のないサービス開発者でもサービスが記述できる環境および通信サービスソフトウェアの設計の初期段階において、ユーザ要求を正確に反映した通信サービス仕様として厳密に記述することを目的としている。図1は、基本電話サービスにおいてユーザの視点に立ってサービスを捉えた場合の一部の例を示している。ユーザAがユーザBと通信したい場合、ユーザAはまず最初に受話器をあげる。受話器を上げるとダイヤルトーンが聞こえてくる。次にユーザAはユーザBに対してダイヤルすると、ユーザBには呼出音が鳴

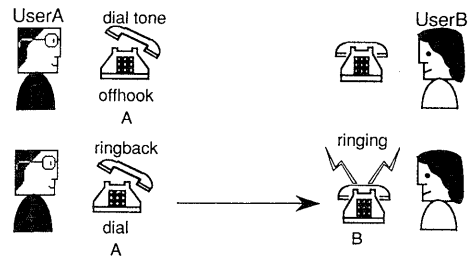


図1 ユーザの視点からの端末状態の例
Fig.1 Terminal state examples from the user's viewpoint.

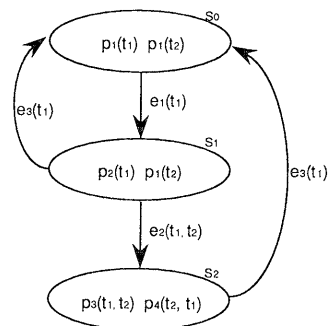
り、ユーザAには呼び返し音が聞こえる状態となる。このようにユーザが実行する動作を“イベント”と定義し、電話機の状態を“端末状態”と定義して、サービスに関係するすべての端末の状態を考慮した状態遷移を基本として記述する。このような記述法においてサービス要求仕様は、以下のように定義される。

定義1：サービス要求仕様

$$SPEC = \langle T, S, E, \emptyset, s_0, f_0 \rangle$$

ここで、

- a) T は端末の集合である。要素を t_i で表す。
- b) S はサービスの状態 s_i の集合であり、 s_i は端末の状態の集合として表す。端末の状態は、以下に示す2種類の状態記述要素 p を組み合わせて表す。
 - $p(t_i)$ ：端末 t_i の状態は他の端末と関係が無いことを示す。
 - $p(t_i, t_m)$ ：端末 t_i の状態は端末 t_m と関係がある



(注) s_1 と s_2 が図1に対応し、その意味は以下のとおり
 $p_1 = \text{idle}$ $e_1 = \text{offhook}$
 $p_2 = \text{dial-tone}$ $e_2 = \text{dial}$
 $p_3 = \text{ringback}$ $e_3 = \text{onhook}$
 $p_4 = \text{ringing}$
 $t_1 = A$
 $t_2 = B$

図2 端末の状態とイベントに基づく状態遷移モデルによる記述例
Fig.2 A description example by state transition model based on terminal state and its event.

ことを示す。

c) E は端末から入力されるイベント e_i の集合である。 e_i は、以下の2種類がある。

- $e(t_i)$: 端末 t_i から入力されたイベントを示す。
- $e(t_i, t_m)$: 端末 t_i から t_m に対して入力されたイベントを示す。

d) Φ はサービス状態間の遷移関数である。

$$s_j = \Phi(s_i, e_i)$$

e) s_0 は初期状態である。 $s_0 \in S$

d) f_0 は最終状態である。 $f_0 \in S$ □

図1の定義1に基づく状態遷移の例を図2に状態遷移図で示す。サービスの状態は2つの端末 t_1, t_2 の状態から構成され、状態 s_1 と s_0 は端末間の関係が存在しない端末状態から構成されており、状態 s_2 は端末 t_1 と t_2 がそれぞれ相互に関係している状態から構成されている。

3.2 図形による仕様記述法

2章で示した要求条件(2)を満たすためには、初期状態から遷移に沿って順次、正確に記述することが必要な手続き的な記述よりも、断片的な要求をそのまま宣言的、かつ頭に浮かんだ状況にできるだけ近い形式で直感的に記述できる手法が望ましい。そこで、通信サービスの宣言的で直感的な仕様記述を支援するため、図形による記述法を提案する。

(1) 端末状態とイベントの図形表記法

5つの既存電話サービス(POTS, CW, CFV, TWC, CCBS:各サービスの簡単な説明を付録1に示す)を分析し、図形シンボルとして表1に示す4つの種別を定義した。種別1と3は状態を表すシンボルであり、種別1はその端末の状態が他の端末と関係のない単独の状態であることを意味している。また、種別3はその端末の状態が矢印で示す他の端末と関係があることを意味している。種別2と4はイベントを表すシンボ

ルであり、種別2はその端末から入力されるイベントを示す。種別4はその端末から矢印で示す端末に対して入力するイベントを示す。

(2) 図形による状態遷移記述

仕様記述は、宣言的な記述を支援するため、図3に示すような1つの状態遷移を単位として行う。図形による状態遷移記述は、表1で定義した図形シンボルを用いて、現状態とイベントを記述する画面と次状態を

表1 図形シンボル
Table 1 Graphic symbols.

class	graphical symbol	meaning	converted text
1		端末aの状態が他の端末と関係のない状態記述要素pで表わされる。	$p(a)$
2		端末aからイベントeが入力された。	$e(a):$
3		端末aの状態が他端末と関係のある状態記述要素pで表わされる。	$p(a,b)$
4		端末aから他端末bに対してイベントeが入力された。	$e(a,b):$

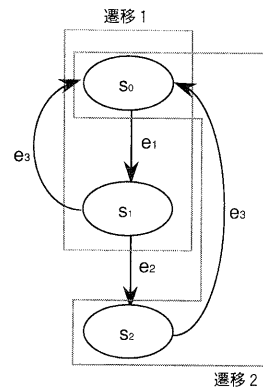


図3 状態遷移単位の宣言的記述

Fig. 3 Declarative description based on a state transition.

表2 図形による状態遷移記述例
Table 2 Examples of graphically representing a state transition.

case	graphical description		converted text
	current state	next state	
1	2 端末 		$p_1(a), p_2(b)$ $e_1(a,b):$ $p_3(a,b), p_4(b,a)$
2	m 端末 		$p_1(a,b), p_2(b,a) \dots, p_n(m)$ $e_2(m,a):$ $p_3(a,b), \dots, p_k(m,a), p_k(a,m)$

記述する画面の2つに分割して行う。表2の項番1は2つの端末の場合の記述例であり、現状態記述画面には、端末aとbがあり、それらの状態が、それぞれ p_1 と p_2 であり、その時に端末aからbにイベント e_1 が入力された状況を記述している。また、次状態は遷移により端末aとbの状態がそれぞれ p_3 と p_4 になり、それぞれの状態は相互に関連があることを示している。項番2は端末数が m 個の場合の1つの記述例である。

(3) テキストへの変換

2章で示した要求条件(3)に対して、仕様検証、仕様詳細化等の他の支援系への入出力を可能にし、支援機能のシステム化を容易とするため、図形記述とテキスト記述の相互変換を可能とする。

変換するテキスト形式は、1つの状態遷移を単位としたif-then型のルールとする。ルールの条件部は現状態 cs とイベント e とし、動作部は次状態 ns とする。以下にルールのフォーマットを示す。

r) $cs\ e : ns.$




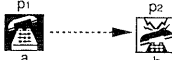


ルールの条件部と動作部はコロン(:)で区切り、 cs と ns は状態記述要素 p を用いて記述する。表1の図形シンボルは、その表1にconverted textとして示すように、端末識別子をパラメータとしたテキストに変換する。そして、図形により記述された1つの状態遷移は、表2のconverted text欄に示すようなテキストに変換される。

4. アニメーションによる仕様確認

記述した仕様が設計者が意図したとおりのサービス動作となっているかを確認する必要がある。図形により記述した状態遷移を繋ぎ合わせて、状態遷移図のように表現することもできる。しかし、複雑なサービス仕様の場合には、状態を構成する端末数、遷移数が増加するため、複数の端末の状態によって構成されるサービスの状態の意味を即座に理解することは難しく、状態遷移図のすべてを画面に表示して、目視により確認することも困難になると考えられる。そこで、2章で示した要求条件(4)に対応した通信サービス記述仕様の確認を支援するため、アニメーションによる視覚的な手法を提案する。サービス要求仕様のアニメーションは仕様記述において定義した端末状態を表す図形シンボルをよりリアル化したシンボル(以下ではこれを、記述の時に定義した図形シンボルと区別するため絵シンボルと呼ぶ)を規定し、それらを記述仕様の解釈実行により組み合わせて、逐次表示することより実現する。以下では、端末状態の絵シンボルとアニメーション

表3 端末状態を代表する絵シンボル

Table 3 Graphic symbols representing terminal state.

symbol		meaning	
他の端末と関係のない端末状態	ts1	 a p	onhook state
	ts2	 a p	offhook state
他の端末と関係のある端末状態	ts3	 a p1 → b p2	call establishing state
	ts4	 a p1 → b p2	alerting state during talking
	ts5	 a p1 ↔ b p2	talking state
	ts6	 a p1 → b p2	holding state

(注) a,b: 端末識別子. p: 状態記述要素

ン表示アルゴリズムについて述べる。

4.1 端末状態の絵シンボル

アニメーションによる仕様確認が、様々なサービス仕様に対して柔軟に適用できるように、我々は既存の5つのサービス仕様(POTS, CW, TWC, CFV, CCBS)を分析し、端末状態の絵シンボルとして、端末の複数の状態を代表する6つの絵シンボルを定義した。その絵シンボルを表3に示す。絵シンボルは電話の状態を示した電話画素と端末間の関係を表示した矢印画素により構成されている。これらの絵シンボルを組み合わせで端末の状態をアニメーションで表現する。

絵シンボルは他の端末と関係のない端末状態と他の端末と関係のある端末状態に分けて構成した。他の端末と関係のない端末状態の絵シンボルは、電話画素でのみ構成され、受話器を置いている状態と上げている状態を区別するため、それぞれに対応した絵シンボル(表3の ts_1 , ts_2)を定義した。また、他の端末と関係のある端末状態の絵シンボルは、電話画素と矢印画素から構成され、呼設定状態と通話状態が区別できる絵シンボルを定義した。更に、呼設定状態は電話機を使っていない空き状態での着信時の呼出状態と通話中での呼び出し状態が区別できる絵シンボル(表3の ts_3 , ts_4)を定義した。また、通話中状態では、相互に通話している状態と通話を保留している状態が区別できる絵シンボル(表3の ts_5 , ts_6)を定義した。

4.2 アニメーション表現アルゴリズム

記述した仕様の解釈実行は、図形記述からテキスト

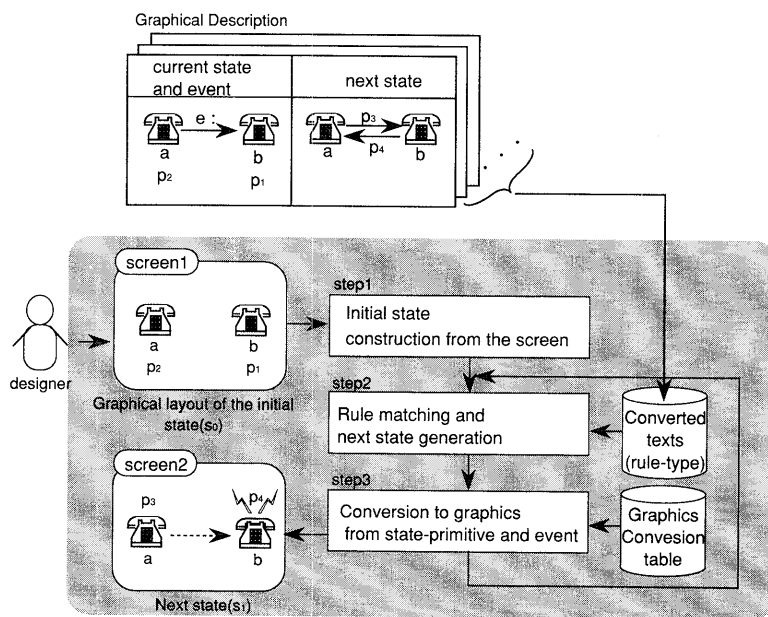


図4 サービス仕様のアニメーション表現法

Fig. 4 An animated presentation method of service specification.

形式に変換したルールを逐次適用することより実現する。アニメーション表現は、適用したルールの次状態記述に従って、絵シンボルを書き換えることにより行う。表現法の概要を図4に示す。

次に、サービス仕様のアニメーション表現アルゴリズムを説明する。

<アニメーション表現アルゴリズム>

ステップ1：初期状態

空白の画面が表示される。この画面に絵シンボルをサービス仕様確認に必要な数だけ、設計者が配置し、初期状態 (s_0) を構成する。この時、ワークメモリ上にもテキスト形式での初期状態 (s_0) が作成される。

ステップ2：ルール適用と次状態 (s_1) 生成

設計者がある絵シンボルの電話画面をマウスでクリックすると、図形による状態遷移記述から変換されたテキスト形式のルールの中から、ルールの現状態が初期状態に含まれるルールを選択し、その選択されたルールに含まれるイベント名を画面に表示する。設計者がその表示されたイベントの中から1つを選択するとそのイベントを含むルールが適用され、ワークメモリ上にそのルールの次状態に記述されている内容で、初期状態を書き換え、サービスの次状態 (s_1) を生成する。

ステップ3：絵シンボルへの変換

表3の絵シンボルとその意味に対応した状態記述要素との対応表に基づき、サービスの次状態 (s_1) を絵シ

ンボルに変換する。

設計者がイベントを選択するごとに、ステップ2と3が繰り返し行われ、アニメーション表現される。設計者はイベントを逐次入力しながら記述した仕様を確認していく。また、入力するイベント系列を事前に記述することによりサービス動作の一連の流れを自動的に実行させ、確認することができる。

5. サービス競合解消

新しいサービス仕様の設計が終了すると、既存サービス仕様との矛盾（サービス競合）を検出して、解消する必要がある。サービス競合の1つである状態遷移の非決定性をルールで記述した仕様を合成して、ルール適用の非決定性を検出することにより検出する手法が既に提案されている⁷⁾。検出したサービス競合の解消法は重要な問題であるが、文献7)では、非決定な状態遷移の解消法については今後の課題として残されている。そこで、本稿では、検出された非決定な状態遷移の解消ルールを生成し、図形表示することにより、設計者に非決定な状態遷移のどちらか一方を選択させ、自動的に検出した状態遷移の非決定性を解消する支援手法について提案する。なお、この支援手法は2章で示した要求条件(5)に対応する。

文献7)では、ルール適用法として詳細優先によるル

ール適用法が用いられている。これは、ある状態 s_i において複数のルールが適用可能な時、各ルールの現状態記述を比較し、最も詳細に端末の状態が記述されているルールを適用する方法である。文献 7) の検出法により、非決定な 2 つのルールが検出されたとして、詳細優先によるルール適用法に合致するルールを解消仕様として生成するアルゴリズムを示す。ただし、検出された 2 つの競合ルールの現状態は同じではないとする。

<解消アルゴリズム>

入力：

競合ルール r_1 と r_2 が入力される。

r_1) $cs_1 \ e : \ ns_1$.

r_2) $cs_2 \ e : \ ns_2$.

ここで、 $cs_i, ns_i (i=1, 2)$ は状態記述要素 p で構成されている。また、 $cs_1 \neq cs_2$ とする。

出力：

r_1 と r_2 のどちらか一方を優先する解消ルールとして、 $r_{1>2}$ と $r_{2>1}$ を出力する。

ステップ 1：解消ルールの現状態の生成

r_1 と r_2 の現状態の和集合をとり、 $r_{1>2}$ と $r_{2>1}$ の現状態 cs_3 を作成する。

$cs_3 = cs_1 \cup cs_2$

ステップ 2：解消ルールの次状態の生成

ステップ 1 で生成した現状態から、 r_1 と r_2 の次状態を満足するような $r_{1>2}$ と $r_{2>1}$ の次状態 ns_{11}, ns_{21} を生成する。

$ns_{11} = ns_1 \cup (cs_2 - (cs_1 \cup cs_2))$

$ns_{21} = ns_2 \cup (cs_1 - (cs_1 \cup cs_2))$

ステップ 3：解消ルール $r_{1>2}$ と $r_{2>1}$ の生成

ステップ 1 と 2 で生成した現状態、次状態より以下の解消ルールを構成する。

$r_{1>2}$) $cs_3 \ e : \ ns_{11}$

$r_{2>1}$) $cs_3 \ e : \ ns_{21}$

生成した解消ルールを絵シンボルと状態記述要素の対応表に基づいて変換し、表示する。図形により表示することにより競合状況と個々の競合するルールを優先させた時の次状態の状況が直感的に設計者は理解できる。

6. 仕様化支援環境

ワークステーション上に要求仕様化支援環境のプロトタイプを試作した。解釈実行のための言語として我々が開発した STR (state transition rule) 言語⁸⁾を、ユーザインタフェースとして X ウィンドの Motif ライブラリを使用し SUN 4/SS 2 上に実現した。

図 5 に図形による仕様記述例を示す。記述画面は、現状態とイベントを記述するウィンドと次状態を記述するウィンドの 2 つに分割されている。図 5 は CW サービスの例であり、3 端末が配置されている。現状態記述ウィンドには、端末 B と C は通話中で端末 A から端末 B にダイヤル (dial) した状況を記述している。端末状態を表す状態記述要素とイベントは、事前に登録し、それらをサブウィンドからマウスで選択することにより記述する。次状態記述ウィンドには、CW サービスの特徴である通話中でも呼び出し音により通話者に着信を通知することを示す状態が記述されている。つまり、端末 B は通話中 (path) に端末 A から呼び出され (cw-ringing)、端末 A は呼び出し音 (ringback) が鳴っている状態を記述している。

サービス仕様をアニメーション表示する画面例を図 6 に示す。本プロトタイプで定義した状態記述要素 p から絵シンボルに変換するための対応表の例を付録 2 に示す。

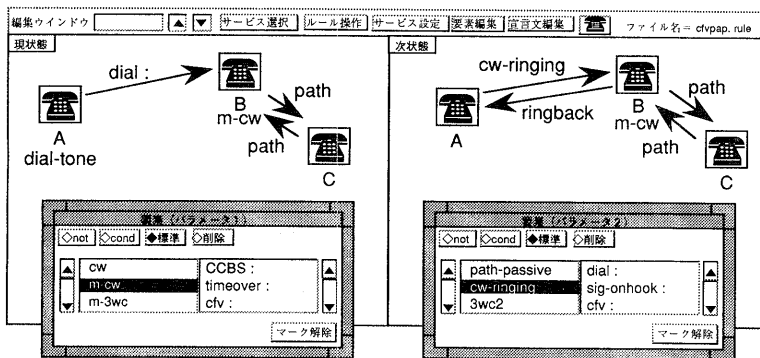


図 5 図形によるサービス記述例 (話中着信 (cw) サービス)
Fig. 5 A graphical service description example.

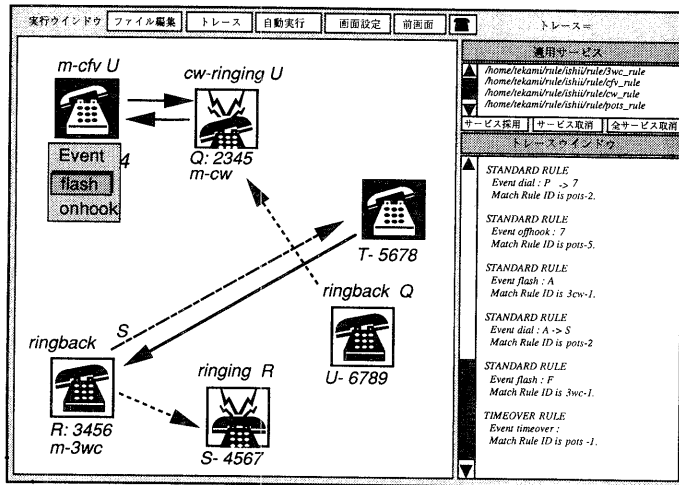


図6 アニメーション表示の画面例

Fig.6 A display example of graphical presentation in animated form.

7. 評価および考察

7.1 記述実験

ベルコア社のLSSGR⁹⁾、CCITT¹⁰⁾の付加サービスとして規定されているサービスから28種類を選択し、プロトタイプを使用して記述実験を行った。記述した状態遷移数は全サービス合わせて約600遷移となった。図形仕様記述により個々のサービスを単独に記述し、アニメーションにより記述仕様の正当性とサービスの振る舞いの充足性を確認した。

7.2 図形による仕様記述

(1) 直感的記述

プロトタイプを使用した主観的な評価では、システム設計段階で予想されたように、端末とその関係に基づき直感的に仕様を記述することができ、テキストによる仕様記述に比べ優れた利点として確認できた。

(2) サービス動作の網羅性

記述したサービスをCCITTの勧告¹⁰⁾の基本サービスと付加サービスの規定を参照し、表4のように分類した。基本サービスは、2者間の通信を提供するものであり、POTSに代表される。番号識別サービスとしては、番号がサービスの多様性の要素となるものを分類し、発番号の着端末への通知や通知の禁止およびダイレクト接続等とした。呼提供サービスとしては、着信者が応答する前の呼の扱い方により分類されるものであり、着信転送、代表等が該当する。呼完了サービスは、着信呼の接続の仕方に関するサービスであり、コールウェイトングや話中時再呼出等がある。複数通話サービスは、複数の通話者により実現されるサービス

表4 記述実験した電話サービスの分類

Table 4 Service classification and numbers described using this system.

classification of service	number	example	
Basic Service	1	POTS	
Supplementary service	Number Identification	11	Calling Number Delivery
	Call Offering	6	Call-Forwarding Variable
	Call Completion	3	Call-Waiting
	Multi party	2	Three-Way Calling
	Community of interest	3	Closed User Group
Information offering	2	Customer Premises Message Registers	
total	28		

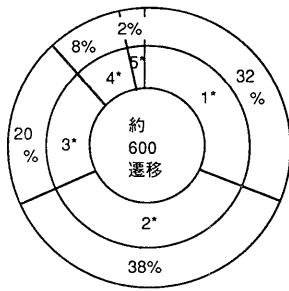
であり、会議通話や3者通話がある。特定グループサービスは、通話者により1つのグループを構成するサービスであり、閉域等が該当する。情報提供サービスは、通信に関する詳細情報(接続期間、通話先等)を通知するサービスである。表4より、既存サービスに含まれる特徴的な振る舞いが図形によるサービス仕様記述により充分記述できていることが分かった。

(3) 図形シンボルの汎用性

表1で定義した4つの種類の図形シンボルを組み合わせ、28種類のサービス仕様はすべて記述できた。これは、規定した図形シンボルが、端末の状態とイベントに基づくサービス仕様の記述のための汎用的な図形シンボルであることを示している。

(4) 端末数制限

本実験でのサービス仕様記述に必要な端末数の分布



* : the number of terminals per state transition

図7 図形によるサービス記述における端末数の分布

Fig.7 A distribution by the number of terminals in graphical service description.

を図7に示す。図7から、端末数は5端末以下で記述できることが分り、端末数の増大による記述の煩雑さはなく、図形による仕様記述の有効性は損なわれない。

7.3 アニメーションによる仕様確認

(1) 仕様の理解性

プロトタイプを使用して記述したサービス仕様を逐次実行させることにより、サービスの動作がアニメーションで表示され、仕様の理解性では、従来の手法に無い利点が得られた。例えば、CW サービス動作のアニメーションを図8に示す。図8(a)は端末QとRが通話中で、端末QがCWサービスを契約している時に、設計者が端末Pの電話アイコンをマウスでクリックしてdialイベントを選択し、端末Qに着信しようとしている状況を示している。dialイベントを選択すると図8(b)に画面が変わる。図8(b)は端末Qが通話中に呼び出されて、端末Qのflashイベントを設計者が選択すると図8(c)に画面が変わる。図8(c)は端末Qは端末Rとの通話を保留し、端末Pと通話している状況を示している。このように、図8の(a)~(c)はCWサービスの特徴的な動作を示しており、付録3に示したテキスト形式の記述よりも明らかに容易にそのサービス仕様を理解できる。

(2) 仕様の検証性

サービス動作をアニメーションとして表示することにより、設計者が目視によりテキスト記述された仕様を検証する場合に比べ検証しやすくなるという利点が得られた。例えば、転送(CFV)サービスと着信拒否(TCS)サービスを合成した場合の異常な遷移の検証について説明する。CFVサービスは、転送先端末を登録していると、その端末に着信があった場合、登録されている端末に呼びを転送するサービスである。TCSサービスは、登録している端末からの着信を拒否する

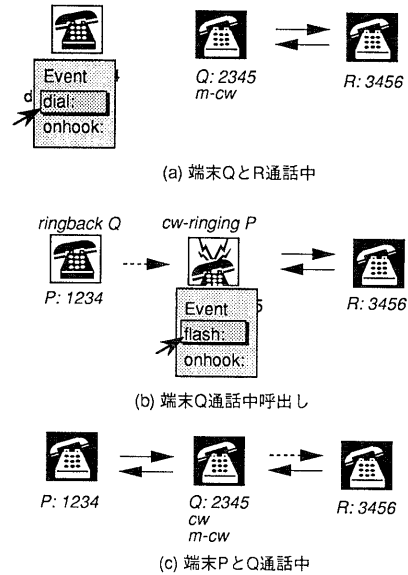


図8 アニメーションによる仕様確認例

Fig.8 A specification confirmation example by animated form.

サービスである。CFVとTCSサービスを合成した場合、アニメーションを逐次実行していくと、TCSサービスで禁止している動作(登録端末からの着信)が、CFVサービスの影響で可能となるような異常な状態に到達する。この異常な状態に到達した画面を図9に示す。図9は、端末Qが端末Rを転送先として登録しており(m-cfv R)、端末Rは着信拒否端末として端末Pを登録している(m-tcs P)時に、端末Pが端末Qにダイヤルすると端末Rに転送され、着信を拒否している端末Pから端末Rが呼出されている状態と成った状況を示している。このように、アニメーションで表示することによりこの異常な状態を容易に理解することができ、かつこの状態に至った遷移を把握することができ、仕様の検証にとって有効であることが示された。

(3) 絵シンボルの汎用性

記述実験したすべてのサービス仕様をプロトタイプを使用して実際に実行させて、表示される状況を確認した。アニメーション表現のために定義した表3の絵シンボルは、記述実験したすべてのサービス仕様で適用でき、端末状態とイベントに基づく仕様記述の確認のための汎用的な絵シンボルであることが示された。

7.4 サービス競合解消

(1) 図形表示の有効性

提案したアルゴリズムで生成された解消ルールを絵シンボルに変換して表示することにより、競合状況が

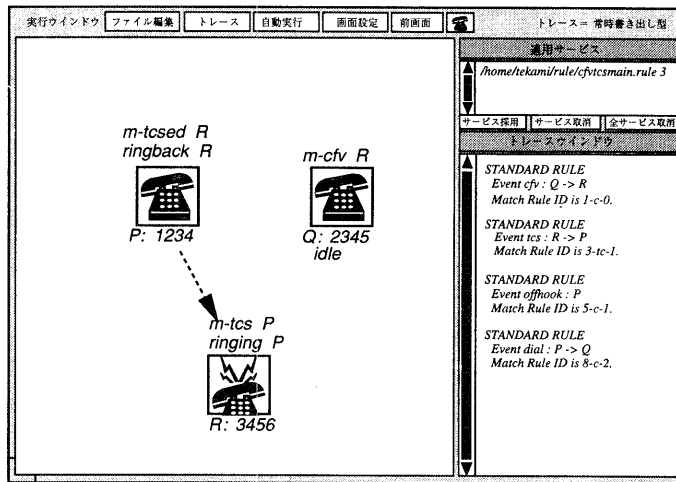


図9 異常な状態への遷移の表示例
Fig. 9 A display example of abnormal state transition.

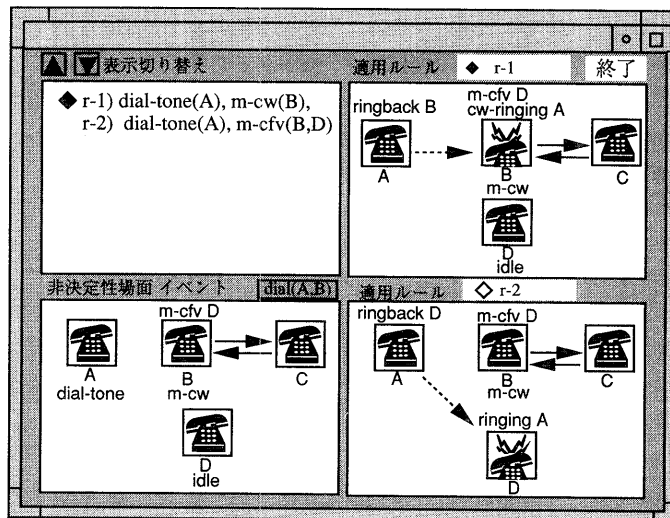


図10 サービス競合解消支援例
Fig. 10 A support example for service interaction resolution.

直感的に理解でき、また生成された解消ルールの意味が理解しやすくなり、従来にない利点を得られた。例えば、CW と CFV サービスを合成した時、付録4 に示す STR 言語で記述した2つのルール (r_{CW} と r_{CFV}) が競合することが検出されている⁷⁾。競合状況と競合ルールについては付録4 に詳細に示す。付録4 に示す r_{CW} と r_{CFV} から提案したアルゴリズムにより競合を解消するルールを生成すると以下ようになる。

$r_{CW > CFV} =$ dial-tone(A), not[idle(B),
path(B, C), path(C, B), m-cw(B),
m-cfv(B, D), idle(D)
dial(A, B) :

ringback(A, B), cw-ringing(B, A),
r-path(A, B), m-cw(B),
m-cfv(B, D),
path(B, C), path(C, B).
 $r_{CFV > CW} =$ dial-tone(A), not[idle(B)],
path(B, C), path(C, B), m-cw(B),
m-cfv(B, D), idle(D)
dial(A, B) :

ringback(A, D), ringing(D, A),
r-path(A, D), m-cw(B), m-cfv(B, D),
path(B, C), path(C, B), not[idle(B)].
生成された $r_{CW > CFV}$ と $r_{CFV > CW}$ を絵シンボルに変換

して表示すると図 10 のようになる。設計者は、上記のテキスト形式による記述から競合解消ルールの意味を理解する場合に比べ、図形表示された解消ルールの方が、その意味を容易に理解できる。従って、何方かの選択が可能となり、状態遷移の非決定性によるサービス競合の解消支援として有効である。

(2) 解消ルール生成アルゴリズムの正当性

文献 7) の競合検出実験によって検出された 5 サービス (POTS, CW, CFV, TWC, CCBS) を組み合わせた時の競合検出結果を付録 5 に示す。この結果に基づきルール競合の解消実験を提案したアルゴリズムにより行い、解消ルールが生成でき (付録 6)、図形によりその状況が表示できたことを確認した。また、表示された解消候補から優先させたい遷移先を選択することにより競合を解消することができた。

7.5 提案支援法の有用性

提案した支援法は、電話交換サービスを対象としており、公衆電話交換システムおよび PBX を中心とした私設交換システムのサービス開発支援として適用できる。また、このような交換システムのサービス開発は、これまでは専門的な知識をもった技術者によって主に行われてきたが、提案システムによってそのようなサービス開発の可能性を非専門家にもまで拡大できる。ただし、上記で述べたようなシステムとして実現するためには、獲得した要求仕様からソフトウェアを自動的に作成できる技術が必要となる。このようなソフトウェアの自動作成技術の検討は現在進めており、統合したシステムの提案は別途行う予定である。

一方、端末の機能は、既存の電話サービスで使用されている機能を想定して、7.2 節で述べたように基本サービスと 6 種類のカテゴリーからなる付加サービスの合わせて 28 種類の既存電話交換サービスで適用できることは確認した。しかし、近年の端末の種類の多様化により、端末のディスプレイへの電話番号や通話料金の表示、音声や音によるガイダンス等を利用したサービスが実現されている。このような多機能端末を利用したサービスにおいても、ディスプレイに電話料金が表示されている状態記述要素、通話料金が表示されている状態記述要素、等を新たに追加し、それらの状態記述要素を組み合わせることで端末の状態を定義することにより、記述できる。しかし、そのような具体的なサービスの記述実験を行うことにより確認を行う必要がある。更に、計算機をネットワークに接続して音声以外のデータ通信サービスやマルチメディア通信サービスへの提案手法の適用については、今後の課題である。

8. おわりに

通信システムの内部動作を考慮しなくても、端末の状態とイベントだけにより、サービス要求を仕様化できる支援手法として、以下を提案し、試作により有効性を確認した。

(1) ユーザの視点からの直感的で宣言的な仕様記述を実現するために、端末の状態とイベントの図形シンボルの定義とそれらを用いた図形による仕様記述法。

(2) 通信サービスの動的な振る舞いをアニメーションにより表現した仕様確認法。

(3) 新規サービス仕様と既存サービス仕様間で検出された状態遷移の非決定性に起因するサービス競合の解消を図るための解消仕様の生成アルゴリズムと生成仕様の図形表示による支援法。

今後の課題としては、更に使いやすいサービス要求の仕様化環境を実現するため、次のような支援機能を検討する必要がある。

(1) 通信サービスの専門用語で記述している状態記述要素、イベントの意味が一意に分かるような記述支援法。

(2) 曖昧な仕様記述の補完支援法。

(3) 日本語による仕様記述法。

謝辞 本研究を進める上で、御指導と励ましを頂いた ATR 通信システム研究の葉原会長と寺島社長に深く感謝いたします。また、有益な議論を頂いた通信ソフトウェア研究室の皆様へ感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Wakahara, Y. and Ito, A.: A Prototyping System for Telecommunications Software Based on Abstract Execution of Requirements Specifications, *Computer and Networks and ISDN Systems*, Vol.13, No.2, pp.119-128 (1987).
- 2) New, D. and Amer, P.: Adding Graphics and Animation to Estelle, *Information and Software Technology*, Vol.32, No.2, pp.149-161 (1990).
- 3) 李 殷碩, 森 健一, 白鳥則郎, 野口正一: G-LOTOS の仕様化環境 SEGL の構成と試作, 情報処理学会論文誌, Vol.32, No.3, pp.314-323 (1991).
- 4) Rubin, R. V., Walker, J. II and Golin, E. J.: Early Experience with the Visual Programmer's WorkBench, *IEEE Trans. Softw. Eng.*, Vol.16, No.10 (1990).
- 5) 岡田和比古, 重松直樹, 佐藤清実: インテリジェ

- ントネットワークにおけるサービス定義・制御の階層的構造, 信学技報, SSE 90-17 (1990).
- 6) 水野 修, 新津善弘: メッセージシーケンス図入力による通信サービス仕様設計方式, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J74-B-I, No. 12, pp. 1042-1055 (1991).
- 7) Harada, Y., Hirakawa, Y., Takenaka, T. and Terashima, N.: A Conflict Detection Support Method for Telecommunication Service Descriptions, *IEICE Trans. Commun.*, Vol.E75-B, No. 10 (1992).
- 8) Hirakawa, Y. and Takenaka, T.: Telecommunication Service Description Using State Transition Rules, *Sixth Int. Workshop on Software Specification and Design*, Como, Italy (1991).
- 9) Bellcore: Feature Common to Residence and Business Customers II-III, LSSGR, Technical Reference TR-TSY-000521-000522, Issue 2 (1987).
- 10) CCITT: Integrated Services Digital Network (ISDN) General Structure and Service Capabilities, Recommendation I.110-I.257 (1988).

付録1 電話サービスの概要

(1) POTS (Plain Old Telephone Service: 基本電話サービス)

2者間の通話を実現するサービスである。発信者が相手端末にダイヤルすると、相手端末が呼び出し音により呼び出され、相手が受話器を上げると通話ができるサービスである。

(2) CW (Call-Waiting: 話中着信)

通話中の端末に対してダイヤルしたとする。この時、通話中の相手が話中着信サービスに加入している場合には、ダイヤルした端末は呼び返し音受信の状態となり、着側には、通話中に着信があったことが音により通知される。この状態で、着側がフラッシュフックにより、通話相手を切り替えることができ、最初に通話していた相手は保留される。

(3) CFV (Call-Forwarding Variable: 着信転送)

利用者の端末が通話中で、その端末に着信があった場合、事前に転送先端末を登録しておくと、その登録されている端末に呼びを転送するサービスである。

(4) TWC (Three-Way Calling: 3者通話)

3者による通話を提供するサービスである。2者通話をしている時に3者通話のコントローラの機能をもっている何方かの端末がフラッシュフックして、3者めの相手にダイヤルして呼び出す。呼び出された3者め

の相手が応答し、2者通話となった状態で、コントローラの機能を持った端末がフラッシュフックすると3者通話状態となる。

(5) CCBS (Completion of Calls on Busy Subscribers: 話中時再呼出し)

2者間での通話接続において、ダイヤルして呼び出した相手がビジーの場合に、本サービスを起動すると、相手が通話を終了して空き状態となった時に、双方を呼び出してくれるサービスである。

付録2 アニメーション時の絵シンボルとSTR言語の状態記述要素との対応表

symbol	状態記述要素
ts ₁	idle (A)
ts ₂	idle (A) 以外の状態記述要素
ts ₃	ringing (B, A), r-path (A, B)
ts ₄	cw-ringing (B, A), r-path (A, B)
ts ₅	path (A, B), path (B, A)
ts ₆	path-passive (A, B), path (B, A)

(注) ts_i は表3の絵シンボルを表す。

付録3 CWサービスのSTR言語によるテキスト形式記述例

- r 1) idle (A), path (B, C), path (C, B),
m-cw (B)
dial (A, B):
ringback (A, B), cw-ringing (B, A),
r-path (A, B),
path (B, C), path (C, B), m-cw (B).
- r 2) ringback (A, B), cw-ringing (B, A),
r-path (A, B),
path (B, C), path (C, B), m-cw (B)
flash (B):
path (A, B), path (B, A),
path-passive (B, C),
path (C, B), cw (B).

付録4 CWとCFVサービスの競合ルール(文献7より)

- 以下のようなサービス競合前の状態において、
端末A: dial-tone (A)
端末B: path (B, C), m-cw (B), m-cfv (B, D)
端末C: path (C, B)
端末D: idle (D)

以下のルールが競合する。

r_{CW} = dial-tone (A), path (B, C), path (C, B),
 m-cw (B)
 dial (A, B) :
 ringback (A, B), cw-ringing (B, A),
 m-cw (B),
 r-path (A, B), path (B, C), path (C, B).
 r_{CFV} = dial-tone (A), not[idle (B)],
 m-cfv (B, C), idle (C)
 dial (A, B) :
 ringback (A, C), ringing (C, A),
 r-path (A, C), m-cfv (B, C), not[idle (B)].

付録5 POTS, CW, CFV, TWC, CCBS サービスの競合検出結果(文献7より抜粋. 付録4以外のルール)

CW+CFVの時

r_{CW} = dial-tone (A), path (B, C), path (C, B),
 m-cw (B)
 dial (A, B) :
 ringback (A, B), cw-ringing (B, A),
 m-cw (B),
 r-path (A, B), path (B, C), path (C, B).
 r_{CFV1} = dial-tone (A), path (B, C), path (C, B),
 m-cfv (B, C), not[idle (C)]
 dial (A, B) :
 busy (A), m-cfv (B, C), not[idle (C)].

TWC+CCBSの時

r_{TWC} = path-passive (A, B), m-3 wc (A)
 onhook (B) : empty.
 r_{CCBS} = m-CCBSed (A, B)
 onhook (B) : empty.

CW+CCBSの時

r_{CW1} = path (A, C), cw (A), path-passive (A, B)
 onhook (B) : path (A, C).
 r_{CCBS} = m-CCBSed (A, B)
 onhook (B) : empty.

付録6 生成された解消ルール

CW+CFVの時

$r_{CW>CFV}$ = dial-tone (A), not[idle (B)],
 path (B, C), path (C, B), m-cw (B),
 m-cfv (B, D), idle (D)
 dial (A, B) :
 ringback (A, B), cw-ringing (B, A),
 r-path (A, B), m-cw (B),

m-cfv (B, D),
 path (B, C), path (C, B).
 $r_{CFV>CW}$ = dial-tone (A), not[idle (B)],
 path (B, C), path (C, B), m-cw (B),
 m-cfv (B, D), idle (D)
 dial (A, B) :
 ringback (A, D), ringing (D, A),
 r-path (A, D), m-cw (B),
 m-cfv (B, D),
 path (B, C), path (C, B), not[idle (B)].

TWC+CCBSの時

$r_{TWC>CCBS}$ = path-passive (A, B), m-3 wc (A),
 m-CCBSed (A, B)
 onhook (B) : m-CCBSed (A, B).
 $r_{CCBS>TWC}$ = path-passive (A, B), m-3 wc (A),
 m-CCBSed (A, B)
 onhook (B) :
 path-passive (A, B), m-3 wc (A).

CW+CCBSの時

$r_{CW1>CCBS}$ = path (A, C), cw (A),
 path-passive (A, B),
 m-CCBSed (A, B)
 onhook (B) : path (A, C),
 m-CCBSed (A, B).
 $r_{CCBS>CW1}$ = path (A, C), cw (A),
 path-passive (A, B),
 m-CCBSed (A, B)
 onhook (B) :
 path (A, C), cw (A),
 path-passive (A, B).

(平成6年2月24日受付)

(平成7年1月12日採録)

**高見 一正 (正会員)**

1977年静岡大学工学部電気卒業。1979年同大学院修士課程修了。同年日本電信電話公社(現NTT)入社。以来、電話・パケット網間接続サービスの研究実用化、ATM呼制御方式の研究に従事。1991年にATR通信システム研究所に出向、通信サービスの仕様記述法の研究に従事。1994年にNTTネットワークサービスシステム研究所に復帰、高度INのサービス生成環境の研究に従事。現在、同研究所主任研究員。電子情報通信学会、IEEE各会員。

**太田 理 (正会員)**

1945年生。1968年九州大学工学部電子卒業。1970年同大学院修士課程修了。同年電電公社(現NTT)入社。電子交換機のソフトウェア研究開発に従事。1987年からNTTにおける情報・通信機器向けの共通OSの開発に従事。1992年2月にATR通信システム研究所に出向、現在に至る。通信ソフトウェア研究室長。工学博士。1994年3月電気通信普及財団賞を受賞。電子情報通信学会、IEEE各会員。