

TR-288

プロトタイピング手法を用いた
通信システム用設計仕様の作成方式

田中 亘、長谷川晴朗
(沖電気)

August, 1987

©1987, ICOT

ICOT

Mita Kokusai Bldg. 21F
4-28 Mita 1-Chome
Minato-ku Tokyo 108 Japan

(03) 456-3191~5
Telex ICOT J32964

Institute for New Generation Computer Technology

プロトタイピング手法を用いた通信システム用設計仕様の作成方式

田中 亘 ・ 長谷川 晴朗

沖電気工業株式会社

本報告では、プロトタイピング技法を用いてサービス要求からサービス仕様を作成する方式について述べる。本方式は、サービス設計者が用いるサービスの設計手順をモデル化することにより、自然言語で記述されたサービス要求からサービス仕様を作成する。さらに、作成したサービス仕様を直接実行し交換ハードウェア装置を制御する。これによりサービス要求を実際の操作によって確認することができ、目的とするサービス仕様を作成することが容易になる。

"Specification Design for a Communication System
by a Prototyping Method" (in Japanese)

by Wataru TANAKA and Haruo HASEGAWA

(OKI Electric Industry Co., Ltd.

(英称住所) 4-11-22, Shibaura, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan)

This paper describes how to design a service specification from users' requirements by a prototyping method for a communication system.

The design process is modeled by analyzing the engineer's process of designing a service specification. The designed specification is executed directly in order to work a switching equipment. Therefore users can verify immediately a correct transformation of their requirements into a service specification.

1. はじめに

近年、通信システムに多種多様な端末が接続される様になり、通信システムが提供するサービスが高度化、複雑化してきている。しかし、通信システムに対するサービス要求は、サービス仕様設計者によって要求仕様としてまとめられた後、ソフトウェアライフサイクルの各工程を経て実際の交換ハードウェア装置が稼働するため、サービス要求者は、要求を示した時点から実際のシステムが稼働するまで、要求が正確に仕様化されていることを確認できない。要求と動作が異なる場合、または、要求が意図したものではない場合などは、要求仕様の作成まで通り再びソフトウェアライフサイクルの各工程が繰り返される。このため、サービス要求者は、満足できる結果を得るまでに多くの日時を費やすか、製造結果に妥協しなければならない。

筆者らは、このような問題に対処するために、通信システムのサービス仕様設計段階を自動化し、ソフトウェアの生産性を向上させる、仕様設計エキスパートシステム（EXPRESS EXPeRt system for ESS）を構築中である。^[1]

本稿では、サービス要求者の潜在的な要求を導き出す試みとして、サービスの機能及びマンマシンインタフェースについて一般的な操作の範囲で通信システムに対する操作をデモンストレートする手法について述べる。

2. システム構成

図1. にEXPRESSのシステム構成概念を示す。本システムは、主システムと交換ハードウェア装置によって構成され、サービス要求者からのユーザ要求を分析し仕様化するサービス仕様獲得モジュール、サービス仕様獲得モジュールによって生成されたサービス仕様に従い交換ハードウェア装置を制御し実際の交換動作を行わせるサービス仕様検証モジュール、及び獲得した仕様とサービス仕様獲得モジュール及びサービス仕様検証モジュールで参照される知識を保持する知識ベースからなる。

サービス要求者は、サービス仕様獲得モジュールに与えたユーザ要求をサービス仕様検証モジュールによって確認する。意図した結果が得られなければ、それが得られるまでユーザ要求を修正し確認することを繰り返す。

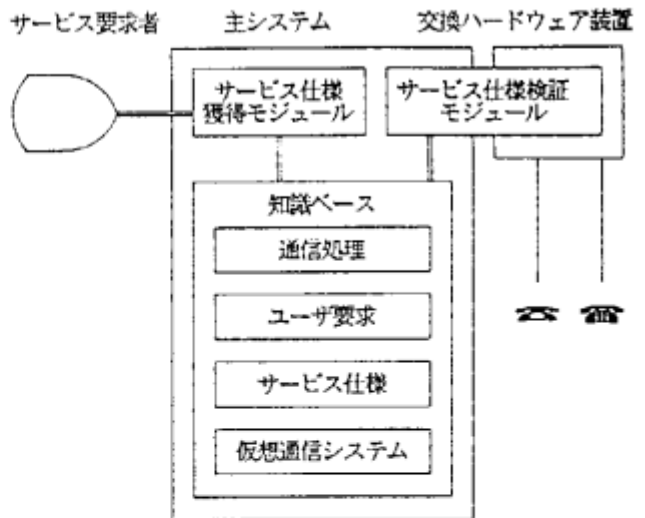


図1. EXPRESSシステム構成概念

3. 知識ベース

ユーザ要求を理解しサービス仕様を決定する過程で重要となるのが、ハードウェアに関する知識及びサービスに関する知識である。知識ベースは、これらの知識をフレームによって表し管理する。

3.1 ハードウェアに関する知識

ハードウェアに関する知識は、ユーザ要求を理解する過程で、ハードウェアに対する操作の正当性、或いは操作からハードウェアを特定するのに用いられる。このため、ハードウェアに関する知識は、ハードウェアの機能的、構造的な特性を表すことが重要となる。

通信ハードウェアは、データ・音声等の交換を行うネットワーク部、ネットワークに接続される端末の二つの機能に分けられる。ネットワーク部は、データ・音声等を交換する目的で端末間を接続するものであり、大型機から小型機まで基本的に同じである。端末は、ネットワークに対して送信、受信を行うものであり、多種多様である。また、ダイヤル音等の各種音源も、ネットワークに対して送信を行うものであるため端末として扱う。

端末として最も一般的なものが電話機である。電話機には、プッシュボタン型電話機、ダイヤルパルス型電話機等があるが、ここでは、この二つの電話機を基本端末とする。電話機の機能は、電話機を構成する部品の機能の組み合わせ

によって表す。ダイヤルパルス型電話機は、ハンドセット、ボディ、ダイヤル、フックスイッチ、ベルからなり、図2. に示す様に階層的に構成される。この構造は、構成する部品を替えることで容易に他の機能を表すことができる。例えば、ダイヤルをプッシュボタンに置き換えることで、プッシュボタン型電話機の機能を表せる。

図3. に電話機の構成部品の特性を示す。

3. 2 サービスに関する知識

サービスに関する知識は、本システムで作成するサービス仕様と同じ形式で表される。このため、サービスに関する知識は、本システムを運用することにより獲得することができる。

4. 仕様作成過程

ユーザ要求からサービス仕様を作成する過程は、サービス仕様設計者が行う設計過程に従って行う。以下にサービス仕様設計者の設計過程を示し、本システムの設計過程を示す。

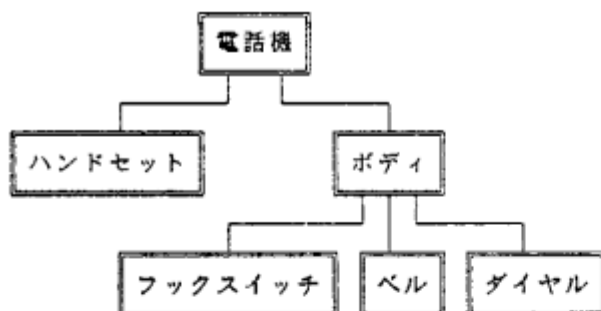


図2. 電話機の階層構造

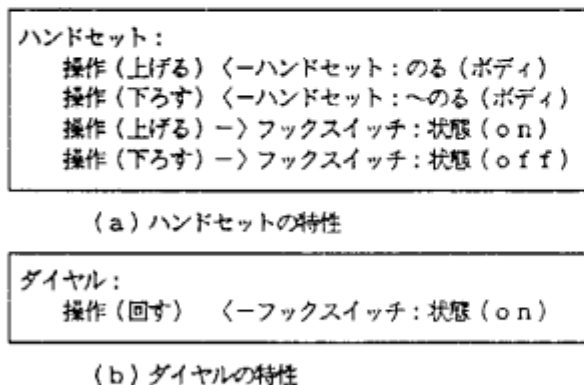


図3. 電話機構成部品の特性

4. 1 サービス仕様設計者の仕様設計過程

サービス仕様を作成するために、サービス仕様設計者は以下に示す手順を取る。

① サービス要求者から個々のサービスについて要求を聞く。

サービスは操作者が端末に対して行う操作とその結果変化する状態で示されるが、一般に要求は断片的である。

② 各々のサービスについて仕様を明確にする。

要求されたサービスには、矛盾、省略等が含まれているため、これを除去する。

例えば、受話器をあげずにダイヤル操作を行うことは、電話機の構成上不可能である。

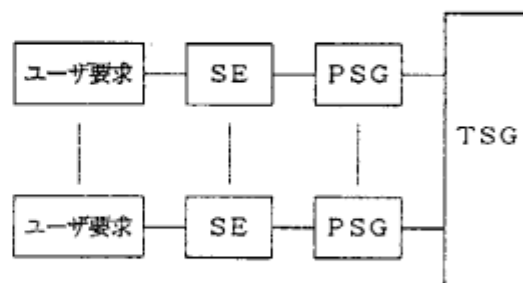
③ 個々のサービスを一つの統合したサービスにまとめあげる。

個々のサービスでは矛盾を生じないが、複数のサービス間では矛盾が生じる場合がある。

例えば、受話器をあげることにより相手を呼び出すホットラインサービスは、ダイヤルすることによって相手を呼び出すサービスと矛盾する。

4. 2 EXPRESSの仕様設計過程

図4. にサービス仕様獲得モジュールのサービス仕様作成過程を示す。EXPRESSの仕様作成過程は、4. 1で述べたサービス仕様設計者が行う手順に従って行われる。以下にサービス仕様作成過程で用いる表現形式及びユーザ要求をサービス仕様に変換する各過程について述べる。



SE : サービス要素 Service Element
 PSG : 部分サービスグラフ Partial Service Graph
 TSG : 統合サービスグラフ Total Service Graph

図4. サービス仕様作成過程

4. 2. 1 表現形式

ユーザ要求、SE、PSG、TSGの表現形式について以下に示す。PSG、TSGは、サービス仕様設計者が用いるサービスの表現を拡張ベトリネットを用いてモデル化したものである。従来の通信システムでは、国際電信電話諮問委員会（CCITT）によって勧告されたSDL (Specification and Description Language) ⁽¹⁾ に代表される、有限オートマトンによってサービスを形式表現していたが、ここでは、検証可能性、実働性等の論理的解析 ⁽²⁾ が可能な拡張ベトリネット ⁽⁶⁾ による表現を用いる。本システムで用いる拡張ベトリネットは、ベトリネットに禁止アークを導入したものである。ベトリネットは、プレースの集合、トランジションの集合によって表されるベトリネット構造からなり、ベトリネットグラフによりベトリネット構造を視覚的に表現する。

1. 発呼者が受話器をあげる。
発呼者にダイヤル音が聞える。
2. 発呼者が被呼者の電話番号をダイヤルする。
被呼者の電話が鳴る。
発呼者に呼出音が聞える。
3. 被呼者が受話器をあげる。
被呼者の電話が鳴りやむ。
発呼者に聞えていた呼出音が消える。
発呼者と被呼者の間で話をする。
4. 発呼者が受話器を置く。
被呼者に話中音が聞える。
5. 被呼者が受話器を置く。
被呼者に聞えていた話中音が消える。

図5. サービス要求の記述例1

```
se([act(オフック, [agent(発呼者)]),
  [res(受ける, [goal(発呼者), object(ダイヤル音)])]),
se([act(ダイヤル, [agent(発呼者)]),
  [res(受ける, [goal(発呼者), object(呼出音)]),
  res(受ける, [goal(被呼者), object(電話)])]),
se([act(オフック, [agent(被呼者)]),
  [res(止まる, [goal(被呼者), object(電話)]),
  res(止まる, [goal(発呼者), object(呼出音)]),
  res(話す, [location1(発呼者), location2(被呼者)])]),
se([act(オンック, [agent(発呼者)]),
  [res(受ける, [goal(被呼者), object(話中音)])]),
se([act(オンック, [agent(被呼者)]),
  [res(止まる, [goal(被呼者), object(話中音)])])
```

図6. SEの表現

(1) ユーザ要求

ユーザ要求は、一サービスの開始から終了までを時間経過に従って、動作とその結果変化する状態について自然言語を用いて記述したものである。

ユーザ要求の記述例を図5. に示す。

(2) SE (サービス要素)

SEは、ユーザ要求中の動作及び状態を表す文を格構造に変換したものである。SEの一節は、ある一つの動作とその動作の結果変化する状態を表す一つ以上の文を変換したもので、一サービスについてその動作の数だけのSE節が作成される。

SEの表現例を図6. に示す。

```
psg(spp([pl(rel(tk(Tk1, ext), idle)),
  pl(rel(tk(Tk2, dt), idle))]),
tra(tk(Tk1, ext), offhook),
sap([pl(rel(tk(Tk1, ext), receive,
  tk(Tk2, dt)))]))
```

図7. PSG節の構造

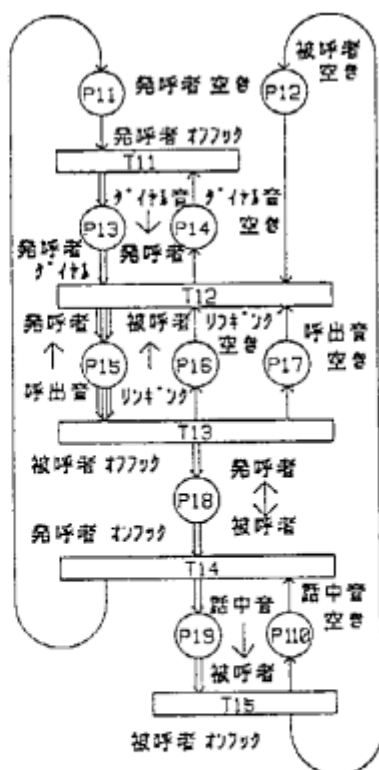


図8. PSGのベトリネットグラフ表現1

(3) PSG (部分サービスグラフ)

PSGは、SEをベトリネットに対応させたものであり、SE節に対応するPSG節の集合で表される。PSG節は、現在の端末の状態を入力ブレース、動作をトランジション、そして、動作後の状態を出力ブレースとする。また、各状態の端末をトークンとする。PSG節に設定されるトークンは、各ブレース毎に端末の内部状態を保持し、ブレースで取り得る端末の動作・状態の正当性の検証に用いる。

PSG節の表現例を図7. に示し、PSGのベトリネットグラフを図8. に示す。

(4) TSG (統合サービスグラフ)

TSGは、複数の断片的なPSGを統合した最終的な仕様である。TSGは、ベトリネット構造に従って、ブレーステンプレートの集合、トランジションテンプレートの集合によって表される。ブレーステンプレートは、PSGのブレースを一般化したものである。ブレーステン

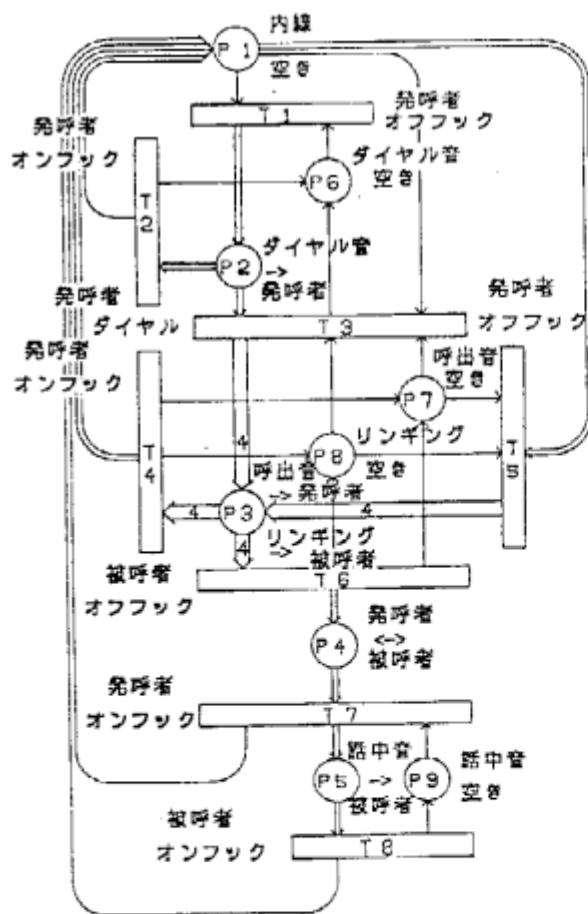


図9. TSGのベトリネットグラフ表現

プレートは、端末に対応するトークンテンプレート、トークンテンプレート間の関係を表す関係テンプレート、入力トランジションテンプレートの集合、出力トランジションテンプレートの集合からなる。トランジションテンプレートは、PSGのトランジションを一般化したものである。トランジションテンプレートは、操作を行った端末、操作、入力ブレーステンプレートの集合、出力ブレーステンプレートの集合、アークの集合からなる。アークは、トランジションを通過するトークンに対応し、入力ブレーステンプレートのトークンテンプレートと出力ブレーステンプレートのトークンテンプレートに対応付ける。

図10. にブレーステンプレートを、図11. にトークンテンプレートを、図12. にアークの表現例を示し、TSGのベトリネットグラフ表現を図9. に示す。

```
pl(Pt1, gpl(rel(tk(Ttk1, ext), idle)),
    spt([Tt2, Tt4, Tt7, Tt8]),
    snt([Tt1, Tt5])).
pl(Pt2, gpl(rel(tk(Ttk2, dt), idle)),
    spt([Tt2, Tt3]),
    snt([Tt1])).
pl(Pt3, gpl(rel(tk(Ttk3, ext), receive,
    tk(Ttk4, dt))),
    spt([Tt1]),
    snt([Tt2, Tt3])).
```

図10. TSGのブレース構造

```
tra(Tt1, Arc1, offhook, trst([Arc1, Arc2]),
    spp([Pt1, Pt2]),
    snp([Pt3])).
```

図11. TSGのトランジション構造

```
arc(Arc1, in(Ttk1), out(Ttk3), atr([])).
arc(Arc2, in(Ttk2), out(Ttk4), atr([])).
```

図12. TSGのアーク構造

4. 2. 2 変換処理

変換処理は、サービス仕様設計者が行う変換手順をプロダクションルールによってモデル化したものである。

(1) ユーザ要求－SE変換

ユーザ要求－SE変換は、ユーザ要求中の一文毎に格文法を適用した解析を行いSE表現に変換する。本変換では、端末に対する動作に関して簡易な意味チェックを行う。例えば、受話器はあげられる特性を持つため、「受話器をあげる」を正しい文と判断する。

図5. に示したユーザ要求は、図6. に示したSEに変換される。

(2) SE－PSG変換

SE－PSG変換は、SEの各節を時間経過に従ってPSGの節に変換する。SE節－PSG節変換では、SE節で示された動作及び結果の状態が妥当なものであるか否かの検証を行う。SE節－PSG節の変換は、SE節の動作と結果を表す構造より、トークンを作成し、最近に作成されたPSG節の出力ブレースから同じトークンを持つブレースを入力ブレースとする。そして、動作の結果変化する状態から出力ブレースを作成する。

入力ブレースが特定された時点で、動作トークンに対して動作の正当性を問い合わせる。例えば、「ダイヤルする」では、操作される電話機のフックスイッチの状態によってダイヤル操作の正当性を判定する。これは入力ブレースのトークンが保持するフックスイッチの状態を参照することによって行われる。

図6. に示したSEは、PSGに変換され図8. に示すベトリネットグラフによって表される。

(3) PSG－TSG変換

PSG－TSG変換は、PSGの一節毎に入力ブレース及び出力ブレースをブレーステンプレートに統合し、トランジションをトランジションテンプレートに統合する。統合は、入力ブレースの一致状況、トランジションの一致状況、出力ブレースの一致状況により次の四つに分類される。

①入力ブレース、トランジションが一致し、出力ブレースが一致しない。

②入力ブレース、トランジション、出力ブ

レースの全てが一致する。

③入力ブレースが一致せず、トランジションが一致する。

④その他

④は、TSGに対して新しいサービスが追加される場合である。ブレース、トランジションがそれぞれ一致した場合は統合し、不一致の場合は追加する。

⑤も、TSGに新しいサービスが追加される特殊な場合である。入力ブレースとトランジションを追加し、出力ブレースは④の対処に従う。

⑥は、既に登録されているサービスであり、それぞれを統合する。

⑦は、既に登録されたサービスと新しいサービスが矛盾する場合である。

既存サービスと新サービスとが矛盾する場合、二つのサービスを提示しサービス要求者の応答を得る。応答として以下の三つが考えられる。

①既存サービスが正しい。

②新サービスが正しい。

③新サービス、既存サービスとも正しい。

①の対処は容易であり、新サービスの再入力促すだけでよい。

②の対処は、最も複雑である。既存サービスで間違いとみなされた入力ブレースの動作と統合しているPSG全てについてTSGから取り除き、新サービス登録後再度統合の処置を行う必要がある。

③の対処は、二つのサービスの動作の矛盾を解消するための処置を行う。これは、既存サービスと新サービスとが共存できるような特性をそれぞれのトークンテンプレートに与え、同一ブレーステンプレートでの動作が同じであっても、端末特性の違いにより異なるトランジションテンプレートを選択する。③の例として、図13. の要求を与えると図14. に示すベトリネットグラフで表されるPSGが得られる。これは、図8. と矛盾する。この場合動作を行った端末に対して、動作の種別と動作によって影響を受けた端末のトークンとを対にした特性を与える。

5. サービス仕様の検証手法

作成されたサービス仕様を検証する手段として、①交換ハードウェア装置を直接制御するプ

プログラムを生成し、交換ハードウェア装置上で実行させる。②交換ハードウェア装置に端末を制御・監視する基本的な機能を持たせ、仕様に従って交換ハードウェア装置を外部から制御し実行する。③サービス仕様をディスプレイ上等でシミュレートする。の三つの方法が考えられる。本システムでは、応答性、操作性、理解性が高い②の方法によって検証する。

図15. にサービス仕様検証モジュールの構成を示す。サービス仕様検証モジュールは、主システム内のTSGインタプリタ、通信コマンド生成部と、交換ハードウェア装置内の通信コマンドインタプリタから成り、通信コマンドにより論理的に接続される。

1. 発呼者が受話器をあげる。
被呼者の電話が鳴る。
発呼者に呼出音が聞える。
2. 被呼者が受話器をあげる。
被呼者の電話が鳴りやむ。
発呼者に聞えていた呼出音が消える。
発呼者と被呼者の間で話をする。
3. 発呼者が受話器を置く。
被呼者に話中音が聞える。
4. 被呼者が受話器を置く。
被呼者に聞えていた話中音が消える。

図13. サービス要求の記述例2

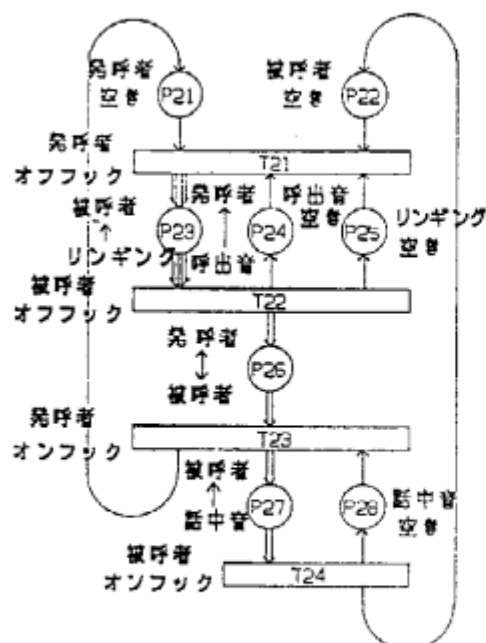


図14. PSGのペトリネットグラフ表現2

5.1 通信コマンド

通信コマンドは、主システム、交換ハードウェア装置間を論理的に接続するため、交換ハードウェア装置に依存しない構成にする必要がある。このため、通信コマンドは、以下の基準によって作成する。

- ①基本端末、ネットワークに対する制御を統一したインタフェースで行う。
- ②実時間性の厳しい数字受信、数字送信を統一したインタフェースで行う。
- ③ハードウェアの全機能の制御を最も基本的なインタフェースで行う。

通信コマンドは、フォーマット、パラメータ等の情報を交換ハードウェアの知識として知識ベースに蓄え、通信コマンド生成部等から参照される。

5.2 TSGインタプリタ

TSGインタプリタは、交換ハードウェア装置より送られた通信コマンドに従ってTSGインタプリタの内部状態を更新する。

TSGインタプリタの内部状態は、交換ハードウェアに接続されている端末全てをトークンとして捉え、トークンを端末の状態に対応するTSGのアドレステンプレート及びトークンテンプレートと対応付ける。更新は、トークンを現在のアドレスから次のアドレスに移動させることによって行う。

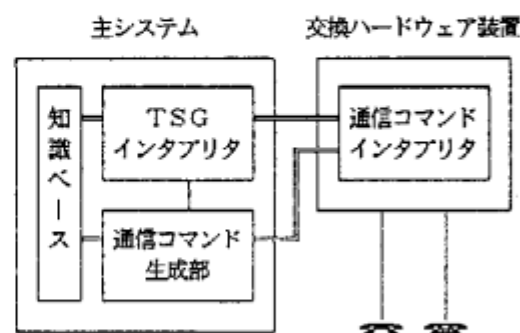


図15. サービス仕様検証モジュールの構成

5.3 通信コマンド生成部

通信コマンド生成部は、TSGインタプリタによって更新されたTSGインタプリタの内部状態と交換ハードウェア装置に接続された端末状態とをTSGインタプリタ内部状態に整合させるために交換ハードウェア装置に制御コマンド及び監視コマンドを送出する。

通信コマンドの生成は、端末の制御、ネットワークの制御、端末の監視の三つの機能に分けて行われる。端末の制御は、入力トークンテンプレートと出力トークンテンプレートの差分より求め、ネットワークの制御は、入力アドレステンプレートと出力アドレステンプレートの差分より求める。端末の監視は、出力アドレステンプレートから次のトランジションテンプレートを求め、端末が取り得る次の動作を監視する通信コマンドを知識ベースから選び出し、交換ハードウェア装置に送出する。

5.4 通信コマンドインタプリタ

通信コマンドインタプリタは、通信コマンドに従って端末及びネットワークを制御し、指示された端末に対して監視を行う。通信コマンドインタプリタプログラムは、通信コマンドが交換ハードウェアの基本機能の制御を行うことを目的としているため、比較的容易に短時間で作成することができる。

6. おわりに

ユーザ要求からSE-PSG-TSGへの変換、TSGに従って交換ハードウェア装置を制御する過程を述べ、サービス要求者にサービスをデモンストレートする方法を示した。EXPRESSは、ユーザ要求の入力から、交換ハードウェア装置が動作しサービスを確認するまでをきわめて短時間で行うことができる。このため、サービス要求者が様々な要求を試みることができ、意図するサービスを作り出すことが可能である。また、交換ハードウェア装置の変更に対しても、交換ハードウェアに関する知識の追加によって容易に対処可能である。

なお、本研究は第五世代コンピュータプロジェクトの一環として行っているものである。

参考文献

- (1) 青柳、長谷川、田中、柴田：通信システムにおける仕様設計エキスパートシステムの一検討、電子通信学会交換研究会、SE 86-10、(1986)。
- (2) 長谷川、田中、柴田、山口：ペトリネットを利用した通信システム設計仕様の解析、電子通信学会第2回ネット理論研究会、(1986)。
- (3) 鹿野、田中、長谷川：仕様設計エキスパートシステムにおける仕様の検証方式、電子情報通信学会第3回交換・情報ネットワークワークショップ資料、pp.183-186、(1987)。
- (4) 湯山、上田、田中、長谷川：EXPRESSにおけるユーザ要求の理解方式、電子情報通信学会創立70周年総合全国大会、No.1890、(1987)。
- (5) 湯山、鹿野、田中、長谷川：通信システム用設計仕様自動作成の一方式、電子通信学会交換研究会、SE 87-12、(1987)。
- (6) J.L.Peterson: Petri Net Theory and the Modeling of Systems, Prentice-Hall, (1981)。
- (7) CCITT勧告: "Functional Specification and Description Language(SDL), CCITT RED BOOK(1985)。