

## 通信制御システムのSDLを基本とした仕様記述法に関する検討

鈴木みどり, 富樫敦, 白鳥則郎

東北大学 電気通信研究所

近年、コンピュータ技術の飛躍的な進歩により、情報システム・制御システムの大規模化・複雑化が行われている。このためシステム製作者間で、異なる解釈を生じないようなシステム仕様記述の必要性が高まっている。一方、通信システムにおいては、そのサービス定義・プロトコル仕様を記述するための形式仕様記述技法が開発されている。本稿では、形式仕様を用いて実際のシステムを記述した際の問題点とその解決法について述べる。まず、SDL上の変更点、記述方法を提案し、さらに要求を仕様へ変換する方法を与えた。そのうえでパイオニア(株)が実際に製作販売しているケーブルテレビシステムを記述することで評価を行った。

AN EXAMINATION  
ABOUT SPECIFICATION DESCRIPTION METHOD BASED SDL OF  
COMMUNICATION CONTROL SYSTEMS

Midori Suzuki, Atushi Togashi, Norio Shiratori

Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

Recently, with rapid progresses of computer technology, information systems and control systems are larger and more complex. Thus, it is crucial to describe system specifications without causing different recognition about the system among its developers. On the other hand, on communication systems, formal description techniques (FDTs) were developed for their service definition and protocol specification. This paper describes the problems and their solution on describing practical systems using SDL (one of FDTs). First, we propose an extended SDL. Next we give a transformation method from requirements to specifications. The evaluation of the proposed method is carried out for a systems.

## 1 はじめに

近年、コンピュータ技術の飛躍的な進歩により、情報システム・制御システムの大規模化・複雑化が行われている。これに伴い、システムにより高度な信頼性・生産性が要求される。このためシステム製作者間で、異なる解釈を生じないようなシステム仕様記述の必要性が高まっている。

一方、通信システムにおいては、そのサービス定義・プロトコル仕様を形式的に記述するための形式仕様記述技法に関する研究が以前から行われ、実際にSDL, Estelle, LOTOS<sup>[1]</sup>といった言語が開発されている。しかし、形式仕様記述技法は、仕様を機械的に処理できるなどの利点もあるが、そのモデルで想定していない概念の記述が不自然であったり、記述に熟練を要するといった問題点も指摘されており、形式仕様記述を実際のシステムに利用した例も少ない。

本研究では、これらをふまえて形式仕様を実際のシステムに利用した際の形式仕様の記述法の確立を目的とする。

## 2 形式仕様による記述

第2章では形式仕様で実際の制御システムを、記述した際の問題点を明かにするためにシステムの記述を行った。

### 2.1 ケーブルテレビシステム

例として記述したシステムは、Pioneerが実際に製作、販売しているケーブルテレビ<sup>[4]</sup>である。このシステムは、通常の制御システム同様、状態遷移的である。

#### 2.1.1 ケーブルテレビシステムの概要

このケーブルテレビシステムは、以下の4点から構成される。

##### 1. センターコンピュータ

各家庭におかれた制御端末に対し、制御情

報と、各チャンネルの映像・音声情報を通信ケーブルを介して伝達する。

##### 2. 制御端末

センターからの制御情報と、この端末付ボタンやリモコンから送られる利用者の要求に基づいてテレビを制御する。

##### 3. リモコン

##### 4. テレビ

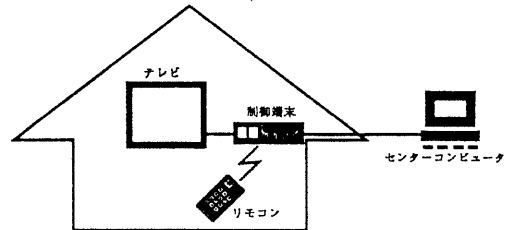


図1 ケーブルテレビ構成図

このシステムは、通常のテレビ機能以外に、メニュー機能を持ち各種の設定が行え、センターコンピュータからの指令を優先的に処理するものである。

#### 2.1.2 ケーブルテレビシステムの特徴

このケーブルテレビの仕様を記述する際に考慮すべき特徴は、次の4点である。

- ・1つの状態から提供される機能が豊富である
- ・複数の状態にまたがって提供される機能
- ・出力や状態が時間制限されることが多い
- ・エラー処理以外の優先処理が存在する

### 2.2 SDL/GRについて

この2.1で述べたケーブルテレビシステムの記述言語として、SDLのグラフィカル表現であるSDL/GR<sup>[2]</sup>を利用した。

SDL/GRの特徴は以下の6点である。

1. 通信処理を実行する単位をプロセスとし、この動作と他プロセス間との通信路を記述することでシステムを記述する。
2. 各プロセスは、拡張有限状態機械としてモデル化される。

- 3.各プロセスの動作は、待ち状態毎に受け付ける入力に伴う処理を記述する。
- 4.マクロ、プロシージャといった段階的詳細化手段を提供する。
- 5.時間の記述は、暗にタイマーが存在するとして、これに時間とトリガをセットして行う。
- 6.優先的な入力の記述が行える。

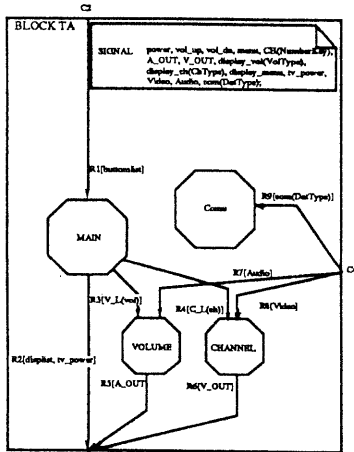


図2 静的記述の例

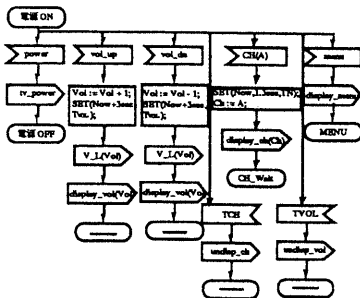


図3 動的記述の例

### 2.3 SDL/GRで記述した際の問題点

ケーブルテレビのシステムをSDL/GRを用いて行い、その結果以下の問題点が生じた。

#### 1.段階的詳細化手段の不足

プロセスの動作記述において、マクロ・プロシージャが段階的詳細化手段として与えられているが、その有効な利用法が与えられていない。

#### 2.記述量が多すぎる

1つの状態において、提供する機能が多いため、プロセスの動作記述の量が多くなり、全体の構造がわかりづらい。

#### 3.優先順位の記述ができない

優先順位は、2段階しか設定されておらず、実際の仕様を書く上では不足である。

#### 4.要求とのギャップ

システムの記述を、システムの全体から細部へトップダウン的に行うため、システムの全体像を把握していないと、記述しづらい。

#### 5.時間の記述が不自然

時間的な制限を受ける状態・出力の記述に、従来のタイマーがあるとして記述したのでは、不自然で冗長である。

#### 6.状態の決定がしにくい

プロセス内の状態を、何に注目して記述すべきか分かりにくい。

### 3 拡張SDLの記述法

#### 3.1 拡張SDL

##### [1]記述概念

記述量が多くなりすぎる原因としては、以下の2つが考えられる。

- (1) ケーブルテレビシステムでは、1つの状態から提供される機能が豊富
- (2) SDLでは、各状態において有効な入力と、それに続く処理を記述する

この問題を回避するために段階的詳細化手段として以下の記述レベルの概念を導入した。

- システム記述：ハードウェア構成を反映
- ブロック記述：独立して動作する要素を分離
- Level 5：機能レベル
- Level 4：プロセス相互作用のレベル
- Level 3：プロセス内部処理のレベル
- Level 2：実装レベル
- Level 1：物理レベル

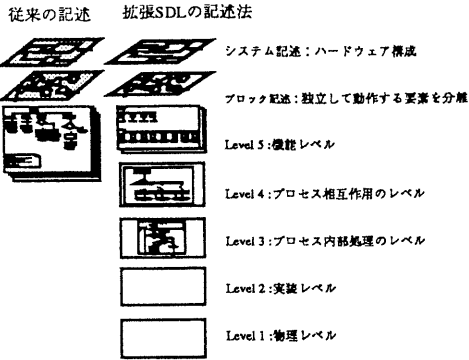


図4 記述レベル概念図

・Level 5における単位機能

入力から次状態までをマクロ化したものである。ただし、同じ状態から遷移する複数の入力を含む事ができる。記述する際は、他機能との依存関係が明白であるように、書き変えるデータ・参照するデータ・次状態を以下の形式で記述する。



図5 単位機能記述形式

・Level 4における分岐マクロ

Level 4では、各単位機能内の入出力関係を記述するが、その間に行われる処理は記述せず、分岐マクロとして記述する。

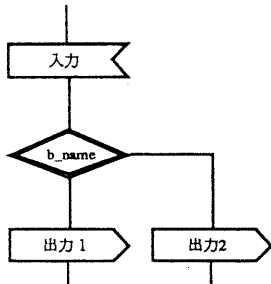


図6 分岐マクロ記述形式

・状態の決定法

状態が問題となるのは拡張SDLのLevel 5の記

述である。そこで任意に定めた単位機能をもとに状態を考える。

任意の単位機能の集合Fが与えられたとき、ある状態qから利用可能な単位機能Fの部分集合をF(q)とすると

$$F(q) = F(p) \text{ ならば, } p = q$$

$$F(q) \neq F(p) \text{ ならば, } p \neq q$$

[2]優先順位の記述

優先入力の記述は、右上に優先度を数値で記述して表す。

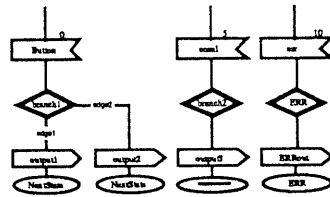


図7 優先順位記述例

3.2 拡張SDLの評価

[1]記述概念を与えることにより、

- (1) 段階的詳細化手段の充実
  - (2) 記述量を最低限にする
- という2点の解決が得られた。

さらにLevel 5での単位機能を用いることで、

- (3) 状態の決定法

を与えることができた。

[2]優先順位の記述を与えることにより、

- (4) 2段階以上の優先順位の記述
- を与えることができた。

4 要求から仕様への自動変換

4.1 背景

2.3で述べた問題点4."要求と仕様とのギャップ"について以下のように考えた。

実際のシステムの要求段階では、"そのシステムの持つべき機能とその概要"が決定する。その上で各機能について、

[1]どのような状態から(実行前状態に関する条件)

[2]どの入力によって

動作を開始し、その結果

[3]得られる出力

[4]どのような終了状態か(実行後状態に関する条件)

という4点が決定される。

一方、仕様(特に状態遷移的なモデルを持つ仕様)では、

(1) そのシステムの持ちうる状態

(2) 各状態においてどのような遷移関係が存在するか

この2点が決定していることが必要である。

このために、要求[1], [2]の状態を、システム全体ではどの状態に相当するかが問題となる。ここでは、その問題の解決法を提案する。

#### 4.2 変換方法

ここでは仕様として、Mealy型の有限状態遷移システム  $M = \langle Q, \Sigma, \Delta, \delta, \lambda, q_0 \rangle$  を考えた。そのうえで要求仕様  $R$  が与えられたとき、 $R$  に対して健全かつ完全な  $M$  を導出する方法を与える。

・定義

$P$ : 要求の分野に依存した命題論理における素命題の集合

とし、以下固定する。

[定義 4.1]

要求機能  $\phi = \langle id, i, f_{in}, o, f_{out} \rangle$

ここで

$id$ : 名前

$i$ : 入力

$f_{in}$ : 機能実行前の前提条件( $P$ を用いた命題論理式として記述)

$o$ : 出力

$f_{out}$ : 機能実行前の前提条件( $P$ を用いた命題論理式として記述)

要求仕様  $R$  は要求機能の有限集合である

[定義 4.2]

状態遷移システムを  $M = \langle Q, \Sigma, \Delta, \delta, \lambda, q \rangle$  とする。

ここで、命題  $A$  状態  $q \in Q$  に対して  $q \models A$  か  $q \not\models A$  であると分かる。

[定義 4.3]

$M$  における状態遷移  $t = \langle p \xrightarrow{i'} q \rangle$  が要求機能  $\phi = \langle id, i, f_{in}, o, f_{out} \rangle$  を満たす( $\models \phi$ )とは

$p \models f_{in}, i = i', q \models f_{out}, o' = o$

[定義 4.4]

$M$  が  $R$  に対して健全とは、

$M$  における任意の遷移  $T$  に対して、 $t$  を満たす要求機能  $\phi \in R$  が存在することである。

[定義 4.5]

$M$  から  $M'$  への準同型写像  $\xi: M' \rightarrow M$  とは、次の条件を満たす写像  $\xi: Q' \rightarrow Q$  である。

(1)  $M$  において  $p \xrightarrow{i'} q$  ならば、 $M'$  において

$\xi(p) \xrightarrow{i'} \xi(q)$

(2)  $p \models A$  ならば、 $\xi(p) \models A$  が成り立つ

[定義 4.6]

$M$  を  $R$  に対して健全な状態遷移システムとする。

$M$  が  $R$  に関して完全とは、 $M'$  が  $R$  に関して健全ならば、ある準同型写像  $\xi: M' \rightarrow M$  が存在すること。

[定義 4.7]

$M$  における遷移  $t, t'$  が  $R$  に関して等価であるとは、それぞれが満足する要求機能が等しいことである。

状態  $p, q$  が  $R$  に関して等価であるとは、それぞれを遷移前の状態とする遷移の中で  $R$  に関して異なる遷移が存在しないことである。

$M$  が  $R$  に関して既約とは、 $M$  の状態は全て  $R$  に関して等価でないことである。

[命題 4.1]

$R$  に関して健全かつ完全な状態遷移システムは既約である。

・変換

目的は与えられた  $R$  に対して健全かつ完全な  $M$  を導出することである。

$T$  をその導出方法とする。

$Q = \{ F \mid F \subset P_R \}$

$\Sigma = \{ i \mid \exists \Phi = \langle id, i, f_{in}, o, f_{out} \rangle \in R \}$

$\Delta = \{ o \mid \exists \Phi = \langle id, i, f_{in}, o, f_{out} \rangle \in R \}$

$\delta(F, i) = F'$

$\lambda(F, i) = o$

ただし

$\exists \Phi \langle id, i, f_{in}, o, f_{out} \rangle \in R, F \supset f_{in}, F' \supset f_{out}$

[定理 4.1]

TによってRから導出された状態遷移システムを  $T(R)$  とすると、 $T(R)$ はRに関して健全かつ完全である。

4.3 評価

この方式を実際のシステムに利用し、その有効性を確認した。対象としたシステムは、前述のケーブルテレビシステムである。実際の仕様を与える前に、前述の変換方法では状態の数が指数関数的に増加するため、システムに依存する制限という概念を与え、改めて状態を定義しなおす。

$$C = \{ c \mid c \subset P_R \}$$

$$Q = \{ F \subset P_R \mid \exists c \in C, F \supset C \}$$

与えた要求を図7に示す。この要求を変換したところ、ほぼ望まれる仕様を得られた。

1. 電源ON/OFF機能

電源ボタンを押すと、OFFからON、ONからOFFと切り替わる。電源ON直後にオンスクリーン左上にチャンネル番号を一定時間表示し、その後消去する。

2. チャンネルUP/DOWN機能

電源ONのとき、チャンネルUPボタンを押すと一つ上のチャンネルを、チャンネルDOWNボタンを押すと一つ下のチャンネルを選局する。

チャンネル変更直後には、オンスクリーン左上にチャンネル番号を表示し、1.5秒後に消去する。

3. テンキー選局機能

0から9のボタンで入力された番号がオンスクリーン左上に表示され、3秒後に、そのチャンネルへ選局が替わ

図7 要求記述(抜粋)

機能名	実行前状態の条件	入力	実行後状態の条件	出力
電源ON/OFF	電源ON	power	電源OFF	
	電源OFF	power	電源ON	dispCH
チャンネルup/down	電源ON	CH+CH-	電源ON	changeCH, dispCH
テンキー選局	電源ON	Tenkey	電源ON	changeCH, dispCH
音量+	映像が視聴できる	vol+, vol-	映像が視聴できる	changeVol, dispVol
	ミュートオン	vol+, vol-	映像が視聴できる	changeVol, dispVol
ミュート	ミュートオフ	mute	ミュートオン	dispMute
	ミュートオン	mute	ミュートオフ	
プログラムタイマー	[すべての状態]	予約開始時刻	タイマー動作中	changeCH
	[すべての状態]	予約終了時刻		
	[すべての状態]	power		
Force tune	[すべての状態]	forceTune	Force tune	changeCH
	[すべての状態]	power		
ブザー	[すべての状態]	buzzer	ブザー	buzzer
	[すべての状態]	[hit any key]		

図 7 要求記述表

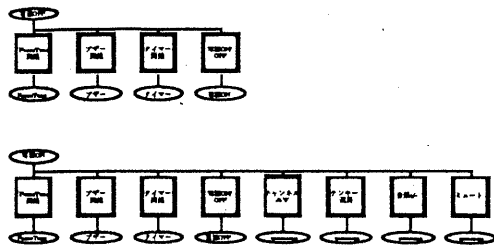


図 9 変換後の仕様

5 結論

5.1 まとめ

本論文では、形式仕様記述であるSDL/GRと、実際のシステムであるケーブルテレビシステムを例として、仕様記述上の問題点を明らかにした。

さらにこれらの問題点について、仕様上の解決と要求と仕様との間の自動変換を与えた。

5.2 今後の課題

仕様上では、その残された問題点

時間の記述

レベル1, 2の対応関係を与える

要求から仕様への自動変換

制限の自動抽出

[謝辞]熱心に討論していただいたバイオニア(株)の大賀さんと、サイエンティア(株)の荒井さんに感謝します。

[参考文献]

[1] 特集:通信システムの形式記述技法の標準化, 情報処理, vol. 31 No.1 (1990 1)

[2] CCITT勧告 Z.100, Melbourne (Nov. 1988)

[3] 鈴木みどり, "通信制御システムのグラフィカルな仕様記述に関する研究", 修士学位論文, 東北大学情報科学研究科

[4] "CATVコンバーター BA-V215, BA-V215F 取り扱い説明書", バイオニア(株)

[5] J.ホブクロフト, J.ウルマン 著, 野崎昭弘, 高橋正子, 町田元, 山崎秀記 訳 サイエンス社