

Title	LegacyDevice を中心としたホームネットワークに関する研究
Author(s)	石井, 智康
Citation	
Issue Date	2003-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/1695">http://hdl.handle.net/10119/1695</a>
Rights	
Description	Supervisor:丹 康雄, 情報科学研究科, 修士

修 士 論 文

LegacyDevice を中心としたホームネットワーク  
に関する研究

北陸先端科学技術大学院大学  
情報科学研究科情報システム専攻

石井 智康

2003年3月

修 士 論 文

LegacyDevice を中心としたホームネットワーク  
に関する研究

指導教官 丹 康雄 助教授

審査委員主査 丹 康雄 助教授  
審査委員 篠田 陽一 教授  
審査委員 敷田 幹文 助教授

北陸先端科学技術大学院大学  
情報科学研究科情報システム専攻

110009 石井 智康

提出年月: 2003 年 2 月

## 概要

近年、高度な情報処理能力とネットワーク接続機能を備えた情報家電と呼ばれる家電機器によるホームネットワークが多数提案されている。これにより、機器資源の相互運用が可能となるが、その導入のためのコストが高く、既存の家電機器を利用できないという問題点がある。一方、学習リモコンを用いて従来の家電機器をネットワーク制御するためのアプリケーションプロトコルも多く提案されているが、その多くにおいては機器の内部状態などを考慮していないものであるため、ホームネットワークにおける機器制御プロトコルとして用いることは難しい。しかし、機器状態の捕捉と機器制御を行う外部機構を導入すれば、機器制御プロトコルとして赤外線を利用したホームネットワークが実現可能となる。

本研究では、ネットワーク接続機能が備わっていない従来の家電機器を用いて、機器の相互運用が可能となる環境を提供するホームネットワークの提案を行う。これにより、家庭内に既存の家電機器を用いたホームネットワークが構築可能となる。また、伝送路として新規配線の必要がない電灯線・特定小電力無線などを用いることにより、より既設住宅に適したものとなる。

# 目次

第1章	はじめに	1
第2章	ホームネットワーク	3
2.1	機器制御のための規格	3
2.1.1	AV/C	3
2.1.2	X-10 プロトコル	4
2.2	機器の相互運用を目標とした規格	4
2.2.1	HAVi	4
2.2.2	ECHONET	6
2.3	まとめ	7
第3章	相互運用を実現するために	9
3.1	基本方針	9
3.1.1	機器情報のデータ化	9
3.1.2	機器状態の管理	10
3.1.3	機器制御	10
3.1.4	コネクションの管理	10
3.1.5	ユーザインタフェースの提供	10
3.1.6	相互運用	11
3.1.7	システムの構成	11
第4章	LegacyDevice を機器資源として扱うために	13
4.1	状態機械としての LegacyDevice	13
4.2	LegacyDevice の抽象化	14
4.2.1	機能の分割・細分化	14
4.3	INPUT SELECTOR と SUB STATE MACHINE	18
第5章	赤外線リモートコントローラの信号波形	20
5.1	赤外線フォーマットの種類	20
5.1.1	家電製品協会フォーマット (略称：家製協フォーマット)	20
5.1.2	日本電気フォーマット (略称：NEC フォーマット)	22
5.2	まとめ	24

<b>第 6 章</b>	<b>システムの設計</b>	<b>25</b>
6.1	システムの概要 . . . . .	25
6.2	センターユニットの概要 . . . . .	27
6.2.1	機器資源が持つ情報の管理 . . . . .	27
6.2.2	機器連動サービスを提供するために . . . . .	29
6.2.3	ユーザインタフェースを提供するために . . . . .	32
6.3	コントロールユニットの概要 . . . . .	33
6.4	アクセスユニットの概要 . . . . .	34
6.5	各ユニット間メッセージフォーマット . . . . .	34
6.5.1	メッセージフォーマット . . . . .	35
6.6	ユニット間通信におけるメッセージフロー . . . . .	38
6.7	イベントの種類とその処理 . . . . .	40
6.7.1	イベント処理の流れ (1) . . . . .	40
6.7.2	イベント処理の流れ (2) . . . . .	42
6.7.3	各ユニットの状態遷移図 . . . . .	43
<b>第 7 章</b>	<b>動作実験</b>	<b>46</b>
7.1	考察 . . . . .	46
7.2	実験に使用した機器の状態遷移関数 . . . . .	47
7.2.1	SANYO_VZ:600(VTR) の NFA . . . . .	48
7.2.2	SANYO_VZ:600(VTR) の DFA . . . . .	48
<b>第 8 章</b>	<b>今後の課題</b>	<b>50</b>
8.1	機器のコスト . . . . .	50
8.2	メディア状態の判別 . . . . .	50
8.3	入力信号のバッファリング . . . . .	52
8.4	赤外線送受信部の再配置及びユニット間通信の簡略化 . . . . .	53
<b>第 9 章</b>	<b>まとめ</b>	<b>54</b>
<b>付 録 A</b>	<b>電灯線を用いた通信技術</b>	<b>57</b>
A.1	ECHONET における電灯線通信 . . . . .	57
A.1.1	電力線搬送方式 . . . . .	57
A.2	X-10 における電灯線通信技術 . . . . .	58
A.2.1	電力線搬送の方式 . . . . .	59
A.3	まとめ . . . . .	60

# 目次

1.1	提案するシステムの概要	2
2.1	HAVi と AV/C の違い	6
3.1	システムの構成図	11
4.1	INPUT SELECTOR と SUB STATE MACHINE の関係	19
5.1	家電製品協会フォーマットの信号	21
5.2	PPM(家電製品協会フォーマットの場合)	21
5.3	リーダ部	21
5.4	トレイラ部	22
5.5	日本電気フォーマット	23
5.6	PPM(日本電気フォーマットの場合)	23
5.7	リピートコード	24
6.1	システムの概要	26
6.2	センターユニットの概要	27
6.3	センターユニットが持つ二つのデータベース	28
6.4	(一般的な) 家電機器に関するデータベースのテーブル情報	29
6.5	システム内 LegacyDevice に関するデータベースのテーブル情報	30
6.6	機器連動情報	30
6.7	機器連動サービスとセンターユニット内マネージャ	32
6.8	GUI における表示型式	33
6.9	コントロールユニットの概要	34
6.10	ユニット間通信に用いるメッセージフォーマット	35
6.11	コネクション確立におけるメッセージフロー	38
6.12	機器連動動作におけるメッセージフロー	39
6.13	機器連動の概要	40
6.14	イベント処理の流れ(2)	42
6.15	センターユニットの状態遷移図(基本部分)	43
6.16	センターユニットの状態遷移図(GUI部分)	44
6.17	コントロールユニットの状態遷移図	45

7.1	実験環境	47
8.1	赤外線発光部・受光部の再配置	53
A.1	スペクトラム拡散変調方式の原理	58
A.2	X10 における電力線搬送の方式	59
A.3	X-10 フレームの例	60

# 表 目 次

2.1	X-10 におけるコマンドの種類	5
2.2	ECHONET オブジェクトのクラスグループとクラス	8
4.1	SUB STATE MACHINE の種類と対応する機能群	15
4.2	SUB STATE MACHINE( TUNER ) に対する入力信号	15
4.3	SUB STATE MACHINE ( TAPE RECORDER/PLAYER ) に対する入力 信号	15
4.4	SUB STATE MACHINE( DISC RECORDER/PLAYER ) に対する入力信号	16
4.5	SUB STATE MACHINE( MENU ) に対する入力信号	16
4.6	SUB STATE MACHINE( RESERVE ) に対する入力信号	17
4.7	入力の種類と入力先 SUB STATE MACHINE	18
6.1	commandtype の種類とその意味	37
6.2	(図 6.15) におけるイベント及びアクションの内容	44
6.3	(図 6.16) におけるイベント及びアクションの内容	44
6.4	(図 6.17) におけるイベント及びアクションの内容	45
7.1	TAPE RECORDER/PLAYER 状態遷移表 (NFA)	48
7.2	TAPE RECORDER/PLAYER 状態遷移表 (DFA)	49
8.1	赤外線発光回路のコスト	51
8.2	赤外線受光回路のコスト	51

# 第1章 はじめに

近年, 様々な家電ネットワーク規格が提案されてきている. HAVi[1], Jini[2] 等の規格では, 高度な処理能力を備えた機器を相互接続することにより資源の相互運用を実現している.

しかし, これらの新しい規格に基づいたシステムの構築を行うためには, 家電機器の総入れ替えと, 新規配線を行う必要がある. また, 機能付加による家電機器の価格上昇を考えると, ネットワークへの接続機能を持たない家電機器である LegacyDevice は今後も家庭内に残る可能性が高い.

この LegacyDevice を機器資源として利用することができれば, ホームネットワークの構築はより容易なものとなるが, LegacyDevice 自体に高度な情報処理能力が備わっていないため, ホームネットワークにおける機器資源として扱うことは難しい. しかし, LegacyDevice を遠隔制御するための手法と機器情報の管理をおこなう手法を確立すれば, LegacyDevice を機器資源として利用することは可能である.

本研究では LegacyDevice を有限状態機械としてとらえ, 状態機械に対する入力である赤外線信号を送受信するセンサー群をシステム内に配置することにより LegacyDevice 内部状態の捕捉および制御を行い, 機器制御・機器間接続, 及び複数の機器の連動によるサービスを提供するホームネットワークシステム (図 1.1) を提案し, システムの実装とその検証を行なう.

本研究で提案するシステムは, 一般的な AV センサシステムと異なり, ユーザのリモコン操作による機器操作を禁止しておらず, システム導入によって機器操作環境が変化するという心配もない.

なお, 本稿は以下の構成となっている.

- 二章

本研究の技術背景にある, 現在提案されているホームネットワーク規格について調査を行ない, どのような手法により家電機器を資源として扱い, その管理を行なっているかの考察を行う.

- 三章

LegacyDevice を機器資源として扱うためのアプローチと, システムの構成について述べる.

- 四章

LegacyDevice を資源として扱うために行う機器の抽象化と, その管理方法について説明する.

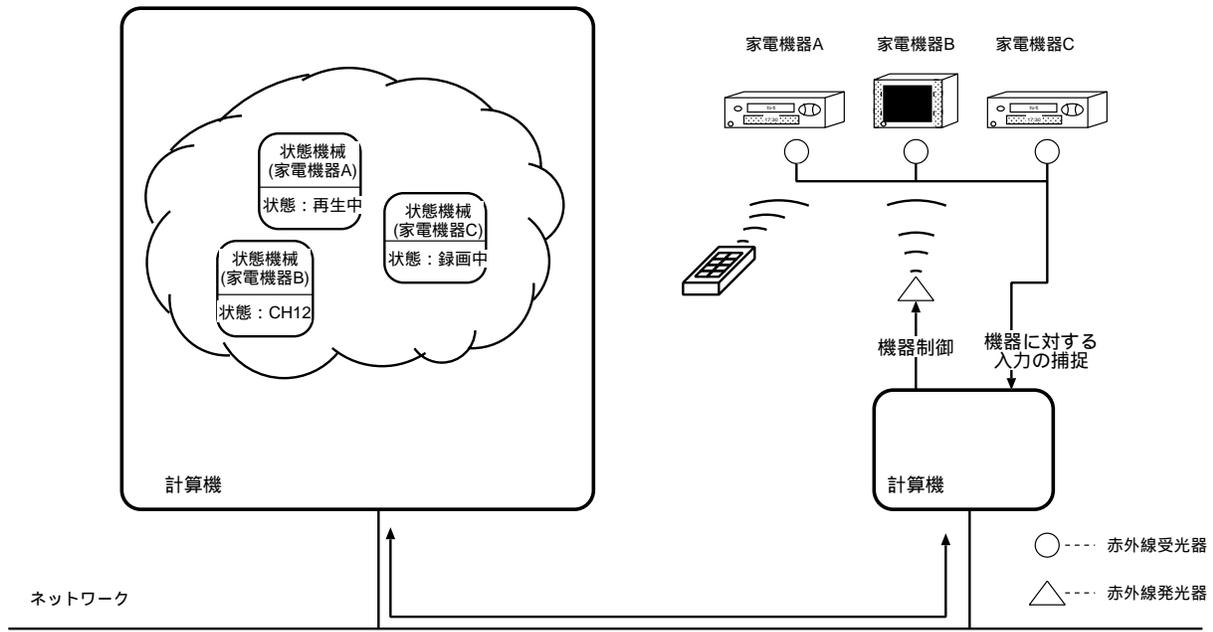


図 1.1: 提案するシステムの概要

- 五章  
本研究で対象とする LegacyDevice の外部制御に用いられている赤外線信号について説明し、機器の制御・信号解読の為に必要となる赤外線データベースについての考察を行う。
- 六章  
本研究で提案するシステムの概要, 及び設計について説明する。
- 七章  
システムの実装および動作実験について説明する。
- 八章  
今後の課題について論じる。
- 九章  
本研究をまとめる。

## 第2章 ホームネットワーク

ホームネットワークとは、ネットワーク内に存在する資源である家電機器が何らかの情報を相互に交換し、一元管理を行い、機器を相互動作させることによって資源の相互運用をはかることを主な目的としたネットワークである。

現在、様々なホームネットワーク規格が提案されている。これらは対象とする家電機器の種類や目的、通信に用いる媒体などに応じて様々な特色を持っているが、大きく分けて、

- ネットワークに接続された機器を遠隔操作するための規格
- 機器の操作方法・サービスを抽象化し相互運用するための規格

の二種類に分類することが出来る。

まず始めに現在提案されている様々なホームネットワーク規格について、どのようにして機器の制御方法・機能を抽象化し、家電機器を資源として扱い、機器資源の相互運用を実現しているか、という点に着目して調査を行った。

### 2.1 機器制御のための規格

#### 2.1.1 AV/C

AV/C(Audio Video / Control)[3] コマンドは、IEEE 1394 インタフェースを備えた AV 機器を制御するためのコマンドセットで、機器の内部機能である Subunit を遠隔制御するものである。

AV/C では、AV 機器を一つの機能からなるものとしてとらえるのではなく、複数の Subunit の集合体からなるものとしてとらえている。例としてテレビを挙げると、その構成要素はチューナー機能群と通信制御機能群である。

そのため、機器の制御は各 Subunit を動作させるコマンドを通知することによって実現されている。AV/C コマンドの種類として、下記の三つが挙げられる。

- Control コマンド  
ターゲットとなる機器に動作を指示する
- Status コマンド  
ターゲットとなる機器に現在の状態を報告させる

- Notify コマンド  
ターゲットの内部状態が変化した際に通知を行うように設定する

## 2.1.2 X-10 プロトコル

X-10[5] は、伝送媒体として電灯線を利用してネットワークに接続された X-10 対応機器の電源を操作するための規格である。

電源操作といった単純な機能を遠隔操作することを目的とした規格であるため、機器の持つ機能の一部と通信のための機能のみを抽象化している。

### X-10 における機能の抽象化

X-10 では、機器の電源を操作することや照明器具の明りの調整を行うことを主な目的としているため、機器の持つ機能の中でも電源に関する部分と照明器具における照度に関する部分のみの抽象化を行っている。

つまり、機器を構成する内部機能を、

- 電源制御機能
- 照度制御機能
- 通信制御機能

の三つであるにとらえ、機能の抽象化を行っている。

機器の制御は AV/C と同様に

- 電源操作
- 照明器具のパラメタ (明るさ) 調整
- 機器の状態確認

といった各内部機能を実行させるためのコマンド (表 2.1) を通知することによって行われる。

## 2.2 機器の相互運用を目標とした規格

### 2.2.1 HAVi

HAVi(Home Audio Video Interoperability)[1] は、高速シリアルバス IEEE 1394 のインタフェースを備えた AV 機器同士をネットワーク接続し、分散コンピューティングブ

コマンド	Data Code(D1 D2 D4 D8)	Function Code(D16)
All Units OFF	0000	1
All Lights On	0001	1
On	0010	1
Off	0011	1
Dim	0100	1
Bright	0101	1
All Lights OFF	0110	1
Extended Code	0111	1
Hail Request	1000	1
Hail Acknowledge	1001	1
Pre-Set Dim	1011	1
Extended Data	1100	1
Status On	1101	1
Status Off	1110	1
Status Request	1111	1

表 2.1: X-10 におけるコマンドの種類

ラットホームとして捕えたホームネットワーク上で分散アプリケーションが各々協調して動作するための環境と、異種メーカーの機器による相互運用を実現するための仕様で、API(Application Programming Interface) のセットとミドルウェアから構成される。ミドルウェアには、ネットワーク上の機器を自動的に検知する機能や、異なるメーカーの機器同士を相互接続する機能等が備わっている。

ネットワーク中に資源管理やストリームの制御を行う専用のノードを置くことにより、ネットワーク内のリソースを集中的に管理することが可能となる。

### HAVi における機器制御

機器を遠隔操作する際には、操作側のアプリケーションが被操作側の機器に対して何らかの方法で制御命令を送信する必要となるが、この際双方でコマンドの内容や手順を取り決めておく必要がある。

この取り決めとして AV/C を用いることも有効であるが、機器の中には独自の制御メッセージを用いているものも多いため、異種メーカーの機器同士を制御することは難しい。

そこで HAVi では、機器固有の制御方法をカプセル化し、機器と機能要素のモデル化を行うことによって、問題の解決を行っている。

具体的には、機器全体をモデル化した DCM(Device Control Module) と機能要素をモデル化した FCM(Function Control Module) を、機器の制御を行うノード (HAVi コントロー

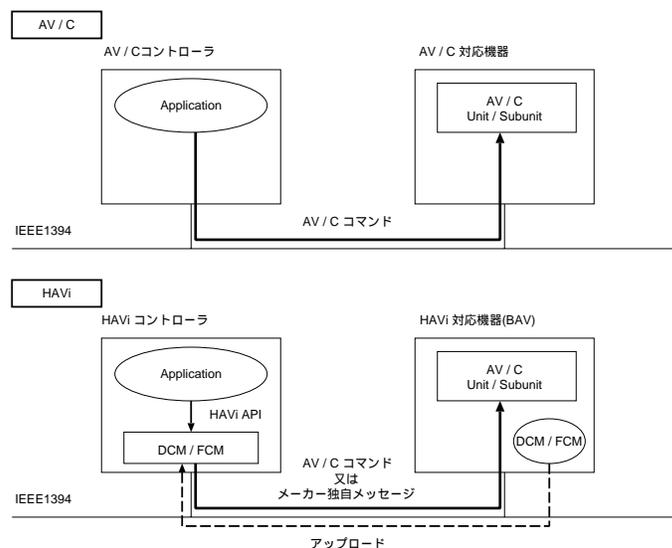


図 2.1: HAVi と AV/C の違い

ラ等) に各機器がアップロードすることにより、機器の制御方法を提供している (図 2.1).

## HAVi における機能の抽象化

HAVi では機器を一つのものとしてとらえるのではなく、機器全体 (device) と、機器に含まれる機能要素 (Functional Component) を区別してとらえることにより、機能の抽象化を行っている。

例えば、VTR という機器には Tuner と TapeRecorder という機能要素が含まれている。電源の ON / OFF といった操作は機器に対する制御であるが、Tuner の選局やテープの再生は各々の機能要素に対する制御となる。HAVi における制御とは、機器単位というよりは主に機能要素単位の制御が中心となる。

## 2.2.2 ECHONET

ECHONET(Energy Conservation and Homecare Network)[7] は、低コストでかつ既設住宅にも対応可能な信頼性の高いホームネットワーク環境と、マルチベンダ環境において相互運用を実現するための仕様で、電灯線・特定小電力無線等を利用した通信プロトコル、機器連動といったアプリケーションサービスを実現するためのミドルウェアの提供も行っている。

ECHONET ではネットワーク接続された家電機器やセンサ機器の状態をモニタリングし機器制御を行うことにより、省エネルギーや在宅介護の支援といったことが可能となる。

## ECHONET における機能の抽象化

ECHONET で対象とする機器は、洗濯機・冷蔵庫といった白物家電から各種センサ機器、AV 関連機器と多様であるため、機器を部品化しオブジェクトの概念を採り入れることにより、高率的にかつ簡潔な機器管理の実現を計っている。

ECHONET 機器を構成する ECHONET オブジェクトは、

- 機器オブジェクト  
機器の持つ「機器としての動作機能」の詳細を規定したオブジェクト。機器相互で、通信を介しての制御や状態の確認を容易とすることを目的とする。
- プロファイルオブジェクト  
動作状態や、メーカー情報、といった機器のプロファイル情報を ECHONET 機器が読み書きすることを目的として規定されたオブジェクト。
- 通信定義オブジェクト  
機器オブジェクト、プロファイルオブジェクト、サービスオブジェクトの通信上の動作を操作することを目的として規定されたオブジェクト。
- サービスオブジェクト  
ネットワークに対して公開する機能をモデル化したもの。ECHONET 機器相互で、機器の連動動作といったサービスを提供するミドルウェアを操作することを目的として規定されたオブジェクト。

の以上四つに分類される。

ECHONET オブジェクトのクラスは(表 2.2) に示されるクラスグループに分類される。

このように、機器の持つ機能を部品化・分類するための枠組みと、細分化された各々についての機能が機器資源として提供するサービスを明確に規定することにより、各機器を機器資源として扱うことを可能としている。

## ECHONET における機器制御

ネットワークを介して機器オブジェクト、サービスオブジェクトを制御することにより、機器の制御を実現する。

## 2.3 まとめ

本章では、現在提案されているホームネットワーク規格において家電機器はどのようなものとしてとらえられているか、という点に着目してその考察を行った。現在提案されているホームネットワーク規格では、

クラスグループ名	クラス名
センサ関連機器クラスグループ	ガス漏れセンサ, 照度センサ等
空調関連機器クラスグループ	家庭用エアコン, 電気暖房器等
住宅・設備関連機器クラスグループ	電動ブラインド, 電力量メーター等
調理・家事関連機器クラスグループ	電気ポット, 冷凍冷蔵庫等
健康関連機器クラスグループ	体重計等
管理・操作関連機器クラスグループ	セキュア通信用共有鍵設定ノード
AV 関連機器クラスグループ	
サービスクラスグループ	
プロファイルクラスグループ	ルータプロファイル等
ユーザ定義クラスグループ	
状態通知方法指定用通信定義クラスグループ	
Set 制御受付方法指定用通信定義クラスグループ	
連動設定 (アクション設定) 用通信定義クラスグループ	
連動設定 (トリガ設定) 用通信定義クラスグループ	
セキュア通信アクセスプロパティ設定クラス	

表 2.2: ECHONET オブジェクトのクラスグループとクラス

- 家電機器は複数の機能集合体から構成されるものとして捕える
- 抽象的な機能群を規定し, 機能群を分類する
- 各機能群が提供するサービスとその機能群に外部からアクセスするための方法をを明確にする

という主に三つの方法を用いて, 家電機器を抽象化し機器資源として扱い, その資源の相互運用が可能となる環境を提供している。

本研究においても, LegacyDevice を抽象化し機器資源として扱えるようにする上でこれらの手法を用いることは有効であると考えられる。何故なら, 情報家電機器と呼ばれる機器も LegacyDevice の持つ基本的な機能群から構成されていると考えられるからである。以降の章では, LegacyDevice の特長について考察を行い, それらをふまえた上で如何にして LegacyDevice における機能・サービスの抽象化および, LegacyDevice を機器資源として扱うかについて論じる。

## 第3章 相互運用を実現するために

本研究の目標は、赤外線リモコンによる遠隔操作が可能な既存の家電機器である Legacy-Device を資源として扱い、それら機器資源の相互運用を実現することにある。

しかし、HAVi や ECHONET 等の規格で対象とする情報家電機器とは異なり Legacy-Device は機器資源として外部に通知すべき情報をデジタル化し外部に通知する手段を備えていないため、機器の相互運用を実現するためにはまず、

- LegacyDevice を機器資源として用いるための方法
- 機器情報のデジタルデータ化とその管理方法
- 機器資源の制御方法

を確立し、ネットワーキングを行なうための基本環境を構築しなくてはならない。

ネットワーキングを行なうための基本環境を確立し、資源情報を利用して機器の自動操作・連動操作等のサービスを提供するアプリケーションを実現することにより、機器の相互運用が達成される。

本章では、ネットワーキングを可能とする基本環境の構築、および相互運用を行なうアプリケーションの実現にむけてのアプローチについて説明し、これらを実現するシステムの概要に付いて述べる。なお、LegacyDevice を機器資源として扱うためのアプローチについては、内包する問題がより複雑なものとなっているため、第4章で論じることとした。

### 3.1 基本方針

#### 3.1.1 機器情報のデータ化

家電機器をネットワーク資源として扱うためには、各機器が提供している機能を明確にし、機器のもつ情報をデジタルデータとして表すことが出来なければならない。

本研究では、家電機器を有限状態機械として捕え、その

- 機器が提供する機能
- 機器の内部状態

という二つの項目により機器の持つ情報を資源情報として表す。

### 3.1.2 機器状態の管理

LegacyDevice は機器の内部変化が起こったことを外部に通知する機能を備えていない。しかし、内部変化は外部からの制御があったときのみが生じると考えられるため、赤外線信号による機器制御を捕捉することにより機器の内部状態の発生を捕捉することができる。

本研究では、赤外線受光器を用いて各 LegacyDevice に対する入力を捕捉することにより機器の内部状態を捕捉・管理する。

### 3.1.3 機器制御

家電機器を機器資源として扱い、何らかのサービスを実現するためには機器制御の手段を確立しておかなくてはならない。

本研究において対象とする LegacyDevice は赤外線信号による外部制御が可能であるため、赤外線の送信器をシステム内に配置することにより、機器制御の手段を確立する。

しかし、赤外線信号による機器制御命令は、X-10 や AV/C コマンドなどにおける絶対的な指示とは異なり、機器の内部状態に対して相対的な動作指示であるため、ただ赤外線信号による制御命令を送信するだけでは機器を意図した状態に制御することはできない。

そこで、本研究では機器の内部状態に基づき機器制御を行なうことにより、問題の解決を計る。

### 3.1.4 コネクションの管理

LegacyDevice の中でも AV 端子を備えたものは、映像・音声などのアナログ情報の送受信が可能である。これらの機器が持つサービスを利用するためには、ケーブルスイッチングをシステムとして行なわなくてはならない。

本研究では、これらの LegacyDevice をアナログ AV ケーブルを用いてスイッチング機器に接続し、スイッチング処理を実現する。

### 3.1.5 ユーザインタフェースの提供

システムが提供するサービスをユーザに対して提示するためには、なんらかの形でユーザインタフェースを実現しなくてはならない。

本研究では、ディスプレイ機能をそなえた LegacyDevice であるテレビモニタを GUI(Graphical User Interface) デバイスとして使用することにより、ユーザインタフェースの提供を行なう。また、アンテナ線などの家庭内に既設の伝送路を利用してディスプレイ情報の配信を行なうことにより、GUI 環境の構築にかかるコストの削減を計る。

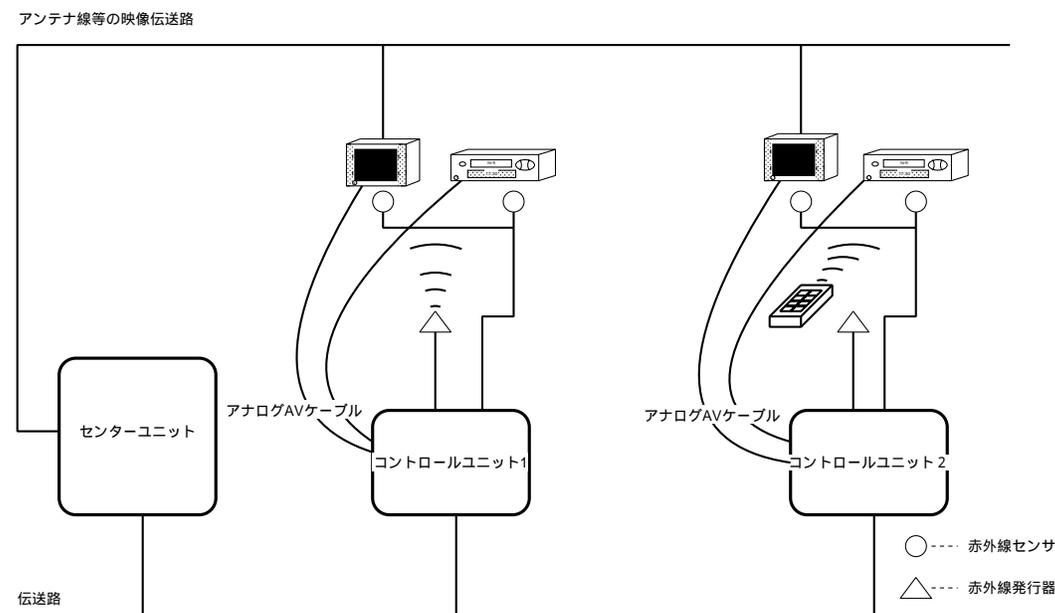


図 3.1: システムの構成図

### 3.1.6 相互運用

機器の相互運用を実現するサービスとして、機器資源の管理情報に基づき機器を制御するといったものが挙げられる。本研究では、機器の状態変化に連動して何らかの制御を行なうアプリケーションを実装することにより、機器の相互運用を実現する。

### 3.1.7 システムの構成

これらの機能を実現するシステムは、(図 3.1) で表される構成をとる。

システムは、センターユニット、コントロールユニット、アクセスユニット、LegacyDevice、の四つの要素によって構成される。各コントロールユニットは各々独立した管理ドメインを持ち、センターユニットがその全ての管理ドメイン内の LegacyDevice を一括して管理することにより、機器の相互運用を実現する。

以下に、各ユニットが実現する機能について

#### センターユニット

センターユニットは、システムにおいて唯一の存在であり、

- 機器情報の管理
- 機器制御の実行

- サービス情報の提示

を行なうものである。システム内に存在する機器全てについての情報管理と制御を一元的に行なうユニットであるため、システムの構成要素の中で最も高度な処理が要求される。

このセンターユニット内に、機器の連動操作によるサービスを実行する知的な機能を持たせることにより、機器の相互運用が可能となる。

## コントロールユニット

コントロールユニットは、赤外線信号の送信部・受信部・アナログ AV ケーブルのスイッチング部から構成されるユニットで、

- 管理ドメイン内 LegacyDevice に対する入力(イベント)の捕捉
- 管理ドメイン内 LegacyDevice の制御及びケーブルスイッチングの実行

を行なう。このユニット内で、機器に対する赤外線入力信号と状態機械に対する入力記号との間の変換が頻繁に行なわれることとなる。

ここで明確にしておかなくてはいけないのは、コントロールユニットは LegacyDevice の管理を行なわないセンサ的な存在であるという点である。つまり、コントロールユニットが自発的に機器制御や捕捉した信号入力(イベント)に対する処理を行なうことはなく、それらの処理はセンターユニットを介して行なわれる。

## アクセスユニット

アクセスユニットは、システムに対して何らかの要求を行なうためのユーザインタフェースデバイスである。

本システムにおいて、テレビモニタを利用して提供する GUI に対するユーザインタフェースデバイスとしての使用も可能なものである。

なお、アクセスユニット・センターユニット間の通信は、コントロールユニットを介して行なわれる

# 第4章 LegacyDevice を機器資源として扱うために

本研究で提案するシステムが対象とする家電機器である LegacyDevice の持つ特長として、

- ネットワーク機能を備えていない
- 機器自体に情報処理能力が備わっていない
- 赤外線信号を用いた外部制御が可能である

という点が挙げられる。

つまり、LegacyDevice 自体には AV/C コマンドや X-10 制御命令を解釈・実行する機能が備わっていなくても、システムとして制御命令を解釈し・赤外線信号を利用して外部から制御を行うことは可能である。

しかし、赤外線信号により外部から制御を行うことが可能であっても、LegacyDevice の内部状態を把握していない限り機器を目的の状態に遷移させるよう制御することは不可能である。何故なら、赤外線信号による制御命令は相対的な状態遷移を起こすためのものであり、AV/C における制御命令や X-10 プロトコルにおける制御命令の様な絶対的な遷移を促すものではないからである。

つまり、LegacyDevice を機器資源として扱うホームネットワークを実現するためには、LegacyDevice を何らかの形でネットワークに組み込み、その内部状態をシステムとして把握する機構が必要となる。そして、LegacyDevice の内部状態を把握する為に各 LegacyDevice に対する入力である赤外線信号を捕捉し、システムの持つ LegacyDevice の状態を正しく更新することが出来なくてはならない。

これらのことを踏まえて、本章では LegacyDevice を機器資源として扱いシステムに組み込むための方法について論じ、規定する。

## 4.1 状態機械としての LegacyDevice

先に述べたように、LegacyDevice は自己の内部状態とその変化を計算機が理解できるメッセージとして外部に通知する機能を備えていない。

しかし, LegacyDevice を有限状態機械として捕えると, 機器の初期状態と唯一の入力信号である赤外線リモコンの信号を捕捉することにより, その内部状態とその変化を計算機で把握することが可能となる.

そこで, 本研究で提案するシステムでは, 各 LegacyDevice を有限状態機械としてとらえ, その唯一の入力である赤外線信号を捕捉することにより, LegacyDevice の内部状態を把握する.

## 4.2 LegacyDevice の抽象化

LegacyDevice の多くは, 家電機器が持つ基本的な機能以外の複雑な機能を備えている. また, ビデオ内蔵型テレビの様に, 複数の基本機能を持つ LegacyDevice も多く存在する. そのため, LegacyDevice を一つの機器としてとらえることは, 状態機械を複雑にし, システムの動作原理をも複雑にしてしまうことが予想される.

そこで, 本研究で提案するシステムでも HAVi や ECHONET における機能の抽象化の概念を採り入れ, LegacyDevice を一つの機能群として捕えるのではなく, 複数の機能群から構成されているものとして捕え, LegacyDevice の機能を抽象化する. このことは, LegacyDevice が提供する機能を明確にする点でも有効であると考えられる.

### 4.2.1 機能の分割・細分化

一つの家電機器は, 複数の独立した機能群から構成され, 各機能群が平行して動作しているととらえることが出来る. 例えば, VTR(ビデオテープレコーダ)は

- 主電源機能群
- 再生・記録機能群 (VTR)
- 入出力信号管理機能群 (TUNER)

から構成され, 並行動作しているのと捕えることが出来る.

本研究では, 一つの LegacyDevice は複数の SUB STATE MACHINE (機能群の状態機械) から構成されているものとして捕え, 各 SUB STATE MACHINE の状態を監理・制御することにより, 各家電機器の状態監理及び制御を行う.

表 4.1 に, SUB STATE MACHINE の種類とその有限状態機械の指す機能群, その SUB STATE MACHINE によって示される機能を説明を示し, 各 SUB STATE MACHINE が機器資源として提供するサービスを明確にしておく. 表 4.1 において機器資源として提供するサービスが記載されていないものは, 機器資源として提供することの出来るサービスが存在しないということである.

各 SUB STATE MACHINE に対する入力の種類は, 表 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 に示すとおりである.

SUB STATE MACHINE の種類	対応する機能群	機能の説明	機器資源として 提供するサービス
POWER DISC RECORDER /PLAYER	電源管理機能群 再生・記録 管理機能群	機器の電源状態を管理 DISCRECORDER/PLAYER の基本機能を管理	電源の ON/OFF 情報の再生・記録
TAPE RECORDER /PLAYER		TAPERECORDER/PLAYER の基本機能を管理	情報の再生・記録
TUNER	入出力信号 管理機能群	入出力信号の選択 および管理	入出力信号の 切替
AMP	音量 管理機能群	音声出力の 大きさを管理	
RESERVE	予約管理機能群	録音・録画等の 予約を管理	
MENU	メニュー操作 管理機能群	GUI を用いた 機器の設定を管理	

表 4.1: SUB STATE MACHINE の種類と対応する機能群

入力信号	意味
LINE	ライン入力切替 (トグル)
LINE1 ~ LINE3	ライン入力切替
CH0 ~ CH12	チャンネル切替
CHUP・CHDOWN	チャンネル切替

表 4.2: SUB STATE MACHINE( TUNER ) に対する入力信号

入力信号	意味
PLAY	再生
STOP	停止
FF	早送り
REW	巻き戻し
SLOW	スロー再生
PAUSE	一時停止
REC	録画・録音指示

表 4.3: SUB STATE MACHINE ( TAPE RECORDER/PLAYER ) に対する入力信号

入力信号	意味
PLAY	再生
STOP	停止
FF	早送り
REW	巻き戻し
SF	頭出し(順方向)
SR	頭出し(逆方向)
SLOW	スロー再生
PAUSE	一時停止
REC	録画・録音指示

表 4.4: SUB STATE MACHINE( DISC RECORDER/PLAYER ) に対する入力信号

入力信号	意味
MENU	メニュー機能呼び出し・取り消し(トグル)
CUP	カーソルの移動(上方向)
CDOWN	カーソルの移動(下方向)
CLEFT	カーソルの移動(左方向)
CRIGHT	カーソルの移動(右方向)
CHUP	カーソルの移動(上方向)
CHDOWN	カーソルの移動(下方向)
CENTER	項目の決定
CCANCEL	項目の取り消し

表 4.5: SUB STATE MACHINE( MENU ) に対する入力信号

入力信号	意味
MENU	メニュー機能呼び出し・取り消し(トグル)
CUP	カーソルの移動(上方向)
CDOWN	カーソルの移動(下方向)
CLEFT	カーソルの移動(左方向)
CRIGHT	カーソルの移動(右方向)
CHUP	カーソルの移動(上方向)
CHDOWN	カーソルの移動(下方向)
CENTER	項目の決定
CCANCEL	項目の取り消し

表 4.6: SUB STATE MACHINE( RESERVE ) に対する入力信号

### 4.3 INPUT SELECTOR と SUB STATE MACHINE

入力信号	入力先状態機械
POW	POWER 状態機械 DISC RECORDER/PLAYER 状態機械 TAPE RECORDER/PLAYER 状態機械 TUNER 状態機械
LINE LINE1 ~ LINE3	TUNER 状態機械 TUNER 状態機械
MENU	MENU 状態機械
CH0 ~ CH12	TUNER 状態機械 RESERVE 状態機械
UP DOWN LEFT RIGHT ENTER CANCEL	MENU 状態機械 RESERVE 状態機械
VOLUP・VOLDOWN	AMP 状態機械
CHUP・CHDOWN	TUNER 状態機械
PLAY STOP FF REW SLOW PAUSE REC	DISC RECORDER/PLAYER 状態機械 TAPE RECORDER/PLAYER 状態機械

表 4.7: 入力の種類と入力先 SUB STATE MACHINE

表 4.7 に、状態機器に対する入力信号の種類とそれに対応する入力先 SUB STATE MACHINE の関係を示す。表 4.7 に示されるように、入力信号の種類から一意にその入力先 SUB STATE MACHINE を決定することが出来ない。さらに、入力信号 CH0 ~ CH12 等は、入力先 SUB STATE MACHINE が一意に定まらない上に、MENU に対する入力である場合は、TUNER に対する入力であってはいけない、というように入力先が排他的に決定される。

以上のことから、入力信号を適切な SUB STATE MACHINE に入力する選択ための機能が必要となる。そこで、本システムではこの選択機能を INPUT SELECTOR として定

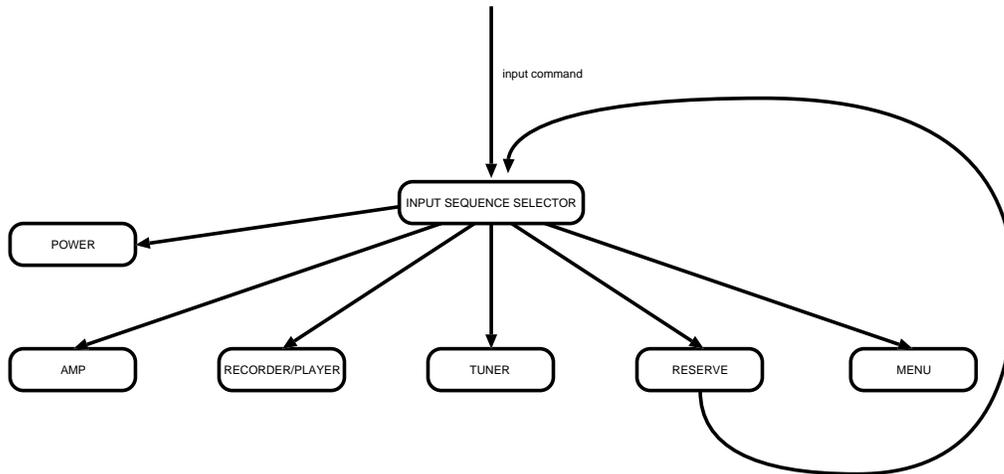


図 4.1: INPUT SELECTOR と SUB STATE MACHINE の関係

義し、各 SUB STATE MACHINE の状態から信号の入力先を決定する。

INPUT SELECTOR は、各 SUBSTATE MACHINE の状態を判定し、イベントとして通知された状態機械に対する入力信号の入力先を決定するため、SUB STATE MACHINE の上位に位置する階層構造をとる (図 4.1)。つまり、機器に対する入力はまずこの INPUT SELECTOR によって判別されることになる。この INPUT SELECTOR は各 LegacyDevice 毎に独立して存在するものであり、システム内に唯一存在するものではないことをここで明確にしておく。

機器の基本的な構成要素である SUB STATE MACHINE は、状態機械として

- $K$  : 状態の集合
- $\Sigma$  : 入力信号 (イベント) の有限集合
- $\delta : K \times \Sigma \rightarrow K$  : 遷移関数
- $q_0$  : 初期状態

で表すことができる。先に述べたように、機器を構成する SUB STATE MACHINE において入力信号が重複するものが存在する場合は存在するが、その入力は INPUT SELECTOR によって判別されるため、各 SUB STATE MACHINE のレベルでそれを考慮する必要はない。本システムでは、この SUB STATE MACHINE の状態を機器の状態としてとらえ、その状態と SUB STATE MACHINE が提供するサービスを機器のもつ情報とすることにより、各家電機器を機器資源として扱う。

# 第5章 赤外線リモートコントローラの信号波形

本研究で提案するシステムでは、機器の制御と機器に対する入力の捕捉を行なう際に、赤外線信号を利用する。そのため、赤外線信号の送信および解析を行うための赤外線信号のデータベースが必要となる。

そこで、まず始めに LegacyDevice の遠隔制御に用いられている赤外線リモコンの信号波形フォーマットの調査を行った。

## 5.1 赤外線フォーマットの種類

家電機器の遠隔操作に用いられている赤外線データの大半は、家電製品協会フォーマット、日本電気フォーマットのものである。赤外線データは、キャリア周波数の赤外線信号が存在する時間によって表されている単純なものである。

次に、この二つのフォーマットの詳細に付いて説明する。

### 5.1.1 家電製品協会フォーマット (略称：家製協フォーマット)

家電製品協会フォーマットの信号を、(図 5.1) に示す。信号は、リーダ部、カスタム・コード部、カスタム・コードのパリティ部、データ・コード部、から構成される。

- 変調方式

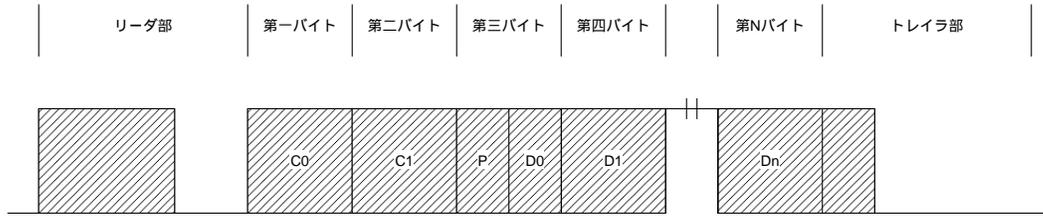
変調方式として、PPM(Pulse Position Modulation)(図 5.2) を用いている。

これは、赤外線信号 (キャリア周波数で変調されたパルス) が存在する時間及び存在しない時間により、bit データを表すものである。

(図 5.2) 中で示される High 及び Low は、赤外線信号の存在の有無を表し、T は時間間隔を表している。時間間隔 T については、 $0.35ms < T < 0.5ms$  と規定されている。家電製品協会が推称しているキャリア周波数は 33 ~ 40 kHz である。

- リーダ部

赤外線リモコンによって出力された信号であることを示す部分。リーダ部は(図 5.3) によって表されるものである。



C0・C1	カスタム・コード部
P	カスタム・コードのバリティ部(4bit)
D0	データ・コード0(4bit)
D1～Dn	データ・コード部

図 5.1: 家電製品協会フォーマットの信号

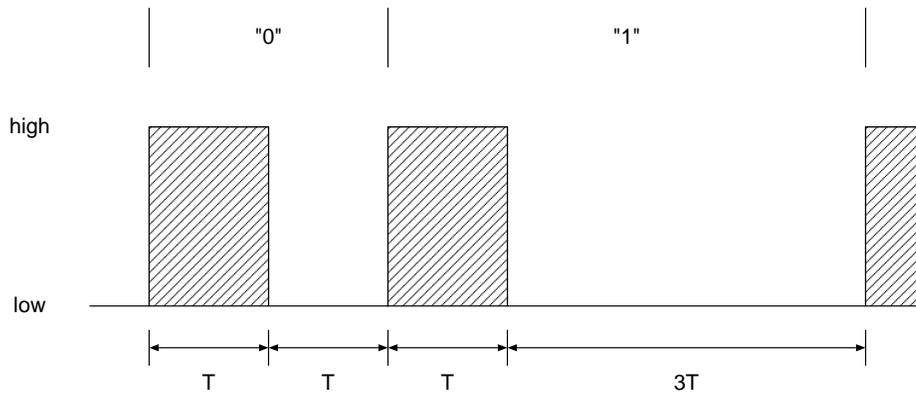


図 5.2: PPM(家電製品協会フォーマットの場合)

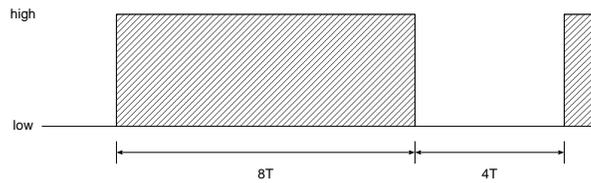


図 5.3: リーダ部

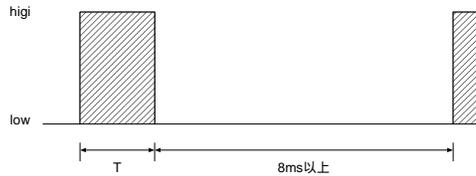


図 5.4: トレイラ部

- カスタム・コード部  
 カスタム・コード部は PPM 変調されたデータ 16 bit で構成され、その赤外線信号がどのメーカーの家電製品に対するものかを表す。このカスタム・コードは家電製品協会にて登録・監理されている。
- カスタム・コードのパリティ部  
 カスタム・コードのパリティ部は PPM 変調されたデータ 4bit で構成され、パリティチェックに用いられる。
- データ部  
 データ部は PPM 変調された任意の byte 長データにより構成される。実際に機器操作を行う命令 (電源操作・チャンネル操作・等) を表すために用いられる。
- トレイラ部  
 赤外線リモコンによって出力された信号の終りを示す部分。トレイラ部は (図 5.4) によって表されるものである。

### 5.1.2 日本電気フォーマット (略称: NEC フォーマット)

日本電気フォーマットの信号を、(図 5.5) に示す。信号は、リーダ部、カスタムコード部、データコード部、から構成される。

- 変調方式  
 家電製品協会フォーマットと同様に、変調方式として PPM を用いている。日本電気フォーマットではキャリア周波数が 38 kHz と定義されており、信号の時間間隔  $T$  も  $T = 0.56\text{ms}$  と固定されている点が特長として挙げられる (図 5.6)。
- リーダ部  
 (図 5.5) に表されるように、家電製品協会フォーマットのリーダコードとは異なる形式をとっている。
- カスタム・コード部  
 PPM 変調された 16 bit の固定長データで構成される。各家電製造業者毎にカスタムコードが割りふられており、その登録・監理は日本電気 (株) が行っている。

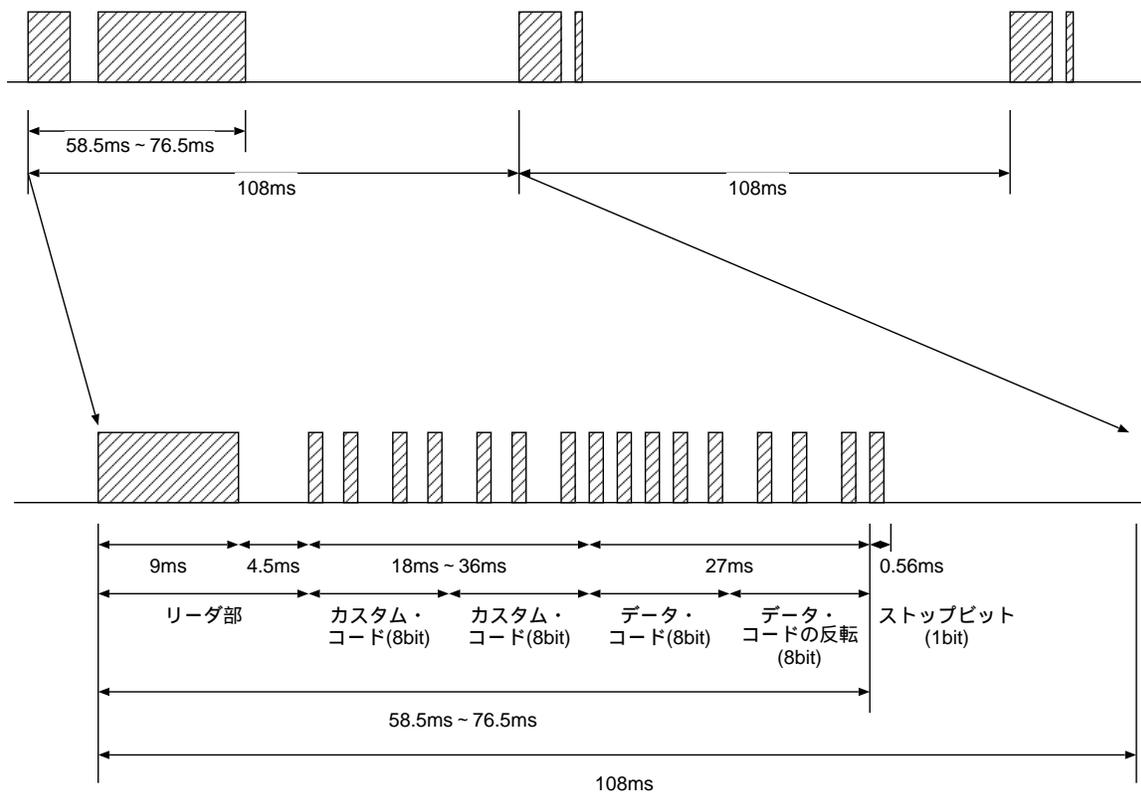


図 5.5: 日本電気フォーマット

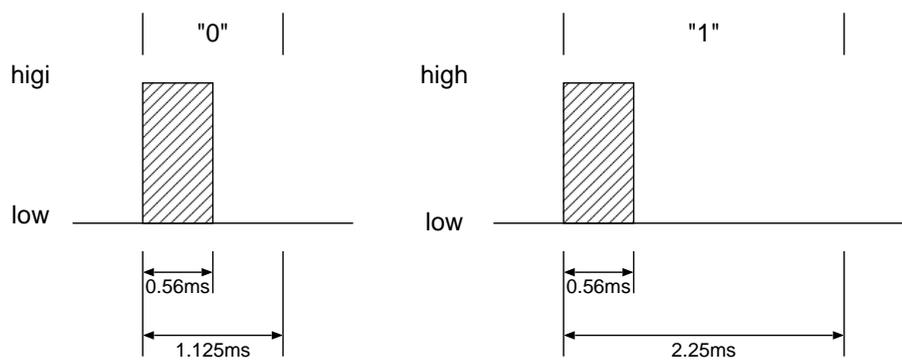


図 5.6: PPM(日本電気フォーマットの場合)

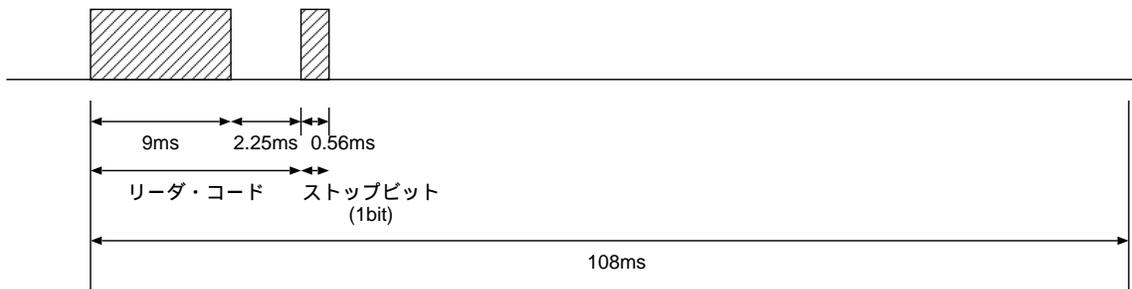


図 5.7: リピートコード

- データ・コード部

PPM 変調された 16 bit の固定長データで構成される。カスタム・コード部と異なる点は、後半 8 bit は前半 8 bit と 1 の補数の関係にあるという点である。そのため、データ・コード部の信号の長さ (時間) は  $1.125(ms) \times 8 + 2.25(ms) \times 8 = 27(ms)$  となる。

- リピートコード

リピートコードは、赤外線リモコンに備え付けられているボタン (音量変更の為のボタンなど) が押し続けられていることを伝えるために用いられる。リピートコードのフォーマットは (図 5.7) で示される。実際に使用されているリモコンの中には、リピートコードを用いずに同じ赤外線信号を反覆送信するものも存在する。

## 5.2 まとめ

赤外線リモコンの信号フォーマットの調査より、赤外線信号のデータベースにおいて必要となる項目を明らかになった。その項目とは

- 赤外線信号のフォーマット
- カスタム・コード部及びデータ・コード部の bit データ
- リピートコードの有無

の三つである。

この赤外線信号のデータベースを用いることにより、赤外線信号の送受信および赤外線信号・イベントメッセージ間の変換が可能となる。

## 第6章 システムの設計

前章までに述べた手法・考察に基づき, LegacyDevice を機器資源として扱い, 資源の相互運用を実現するシステムの設計をおこなった.

本章では, システムの概要と各ユニットの設計内容, システムの動作概要について述べる.

### 6.1 システムの概要

本研究で提案するシステムは, 各家電機器の状態管理及びその制御を行うセンターユニットと, 赤外線の発光・受光及びアナログ AV ケーブルのスイッチングを行うコントロールユニット, システムに対して何らかの要求を行うための UID(User Interface Device) であるアクセスユニットから構成される.

(図 6.1) は, システムの概要を表したものである. 各ユニットおよび LegacyDevice には, その識別のためにシステム内でユニークな識別子 UnitID が付加されている.

各コントロールユニットは独立した管理ドメインを持ち, ドメイン内の機器制御及び LegacyDevice の状態変化のトリガとなるイベント (各 LegacyDevice に対する赤外線信号の入力) を監視する. 捕捉したイベントに対する処理および機器制御の指示を全てセンターユニット内で実行することにより, システム内 LegacyDevice を一元的に管理することが可能となる.

ここで明確にしておかなくてはならないのは, 各コントロールユニットは LegacyDevice の管理を行わないセンサー的な存在だという点である. つまり, コントロールユニットは自発的に機器制御やイベント処理を行うことはなく, センターユニットを介してそれらのことが行われる.

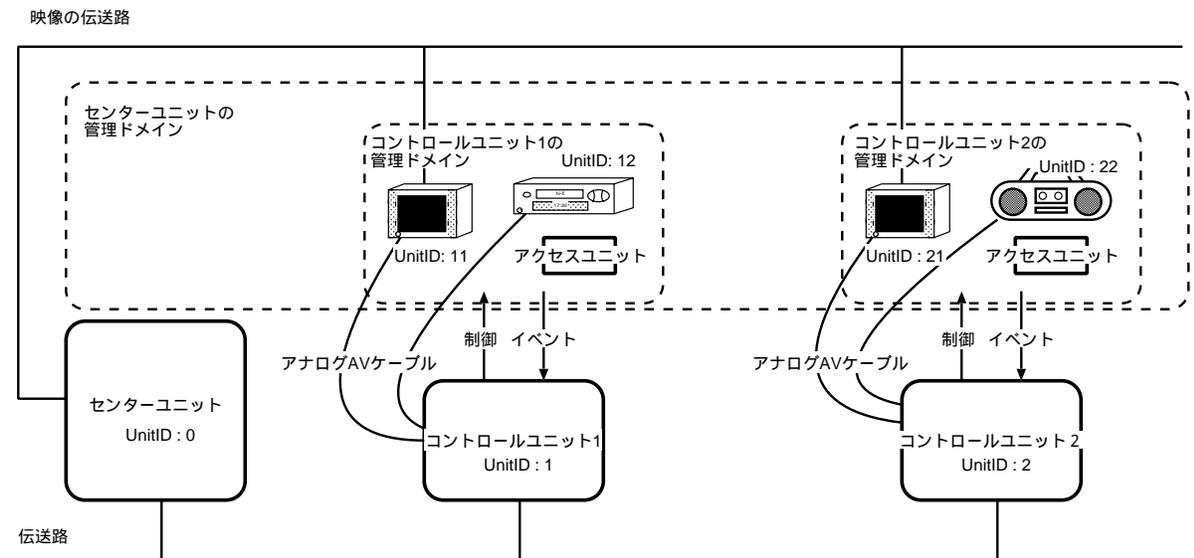


図 6.1: システムの概要

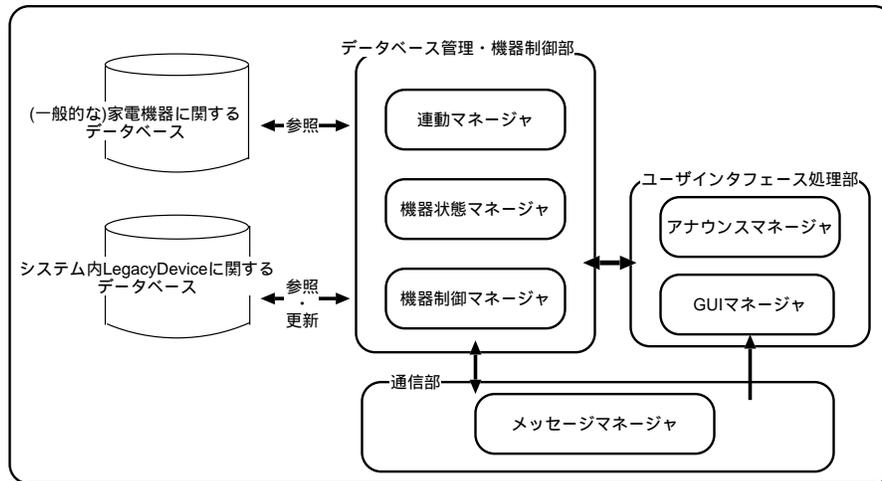


図 6.2: センターユニットの概要

## 6.2 センターユニットの概要

(図 6.2) に、センタユニットの概要を示す。センターユニットは、通信部、データベース管理・機器制御部・GUI 部から構成される。

### 6.2.1 機器資源が持つ情報の管理

LegacyDevice は、自己の持つ何らかの情報を外部に通知する機能を備えていないため、システム内で LegacyDevice の持つ情報を保持・更新し、その内容を管理しなくてはならない。

本システムではセンターユニット内に、(一般的な)家電製品に関するデータベースと、システム内 LegacyDevice に関するデータベースを配置し、その管理を行うことにより、情報の管理を実現する。両データベースの関係を、(図 6.3) に示す。(一般的な)家電製品に関するデータベースは、各機器が持つ状態遷移関数や遠隔制御のための赤外線信号の情報をデータベース化したものであり、これを参照・利用することにより、システム内 LegacyDevice に関するデータベースが生成されることになる。また、この様に情報を分割することにより、システム内 LegacyDevice のデータベースを作成する際にシステム管理者にかかる負担を軽減することができると思われる。

#### (一般的な)家電製品に関するデータベース

LegacyDevice 自体には、機器の名称・機能といった自己の持つ情報を外部に通知する機能が備わっていないため、何らかの形でこれらの情報を管理・保持しておかなくてはならない。本システムでは、LegacyDevice のもつ情報を一元的に管理するセンターユニット内

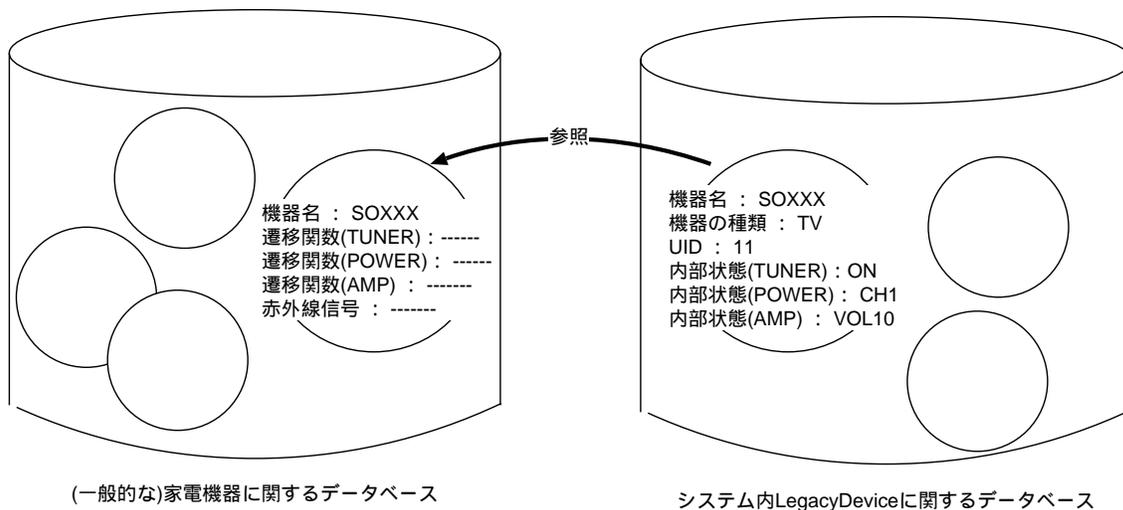


図 6.3: センターユニットが持つ二つのデータベース

に, 同一種の LegacyDevice がもつ不変的な情報をデータベース化して持たせておくことにより, この問題を解決する.

なお, 機器の持つ不変的な情報のデータベースのテーブル情報は (図 6.4) に示すものである.

テーブル情報の持つ項目は,

- 機器名 (製品名)
- 機器の種類
- 各機器を制御する上で必要となる赤外線情報のデータベース情報
- INPUT SELECTOR
- 各 SUB STATE MACHINE の遷移関数

である.

#### システム内 LegacyDevice に関するデータベース

センターユニットは, 管理対象となる LegacyDevice 各々が持つ機器内部状態等の情報を一元的に管理する.

センターユニットは各管理ドメイン内に存在する LegacyDevice の状態管理を行うため, 各 LegacyDevice の INPUT SELECTOR や SUB STATE MACHINE の遷移関数, を持つ必要がある.

devname	devtype	itable	INPUT SELECTOR	SUB STATE MACHINE		
				POW	TUNER	
製品名	機器の種類	赤外線テーブルの識別子	INPUT SELECTOR の識別子	POW 遷移関数の識別子	TUNER 遷移関数の識別子	

SUB STATE MACHINE					
	TAPE RECORDER /PLAYER	DISC RECORDER /PLAYER	AMP	RESERVE	MENU
	TAPE RECORDER /PLAYER 遷移関数の識別子	DISC RECORDER /PLAYER 遷移関数の識別子	AMP 遷移関数の識別子	RESERVE 遷移関数の識別子	MENU 遷移関数の識別子

図 6.4: (一般的な) 家電機器に関するデータベースのテーブル情報

しかし、これらの情報を各 LegacyDevice ごとに用意することになると、システム導入の際に管理者にかかる負担は大きなものとなる。

そこで、LegacyDevice に関する情報 ( SUB STATE MACHINE の遷移関数、赤外線テーブルの情報等) は先に説明した「(一般的な) 家電機器に関するデータベース」を参照し、各 LegacyDevice が独自に持つ情報についての データベースを別途作成することにより、機器のもつ全ての情報を管理するし、システム起動時に管理者にかかる負担を軽減させる。

なお、各 LegacyDevice が独自に持つ情報のデータベースのテーブル情報は (図 6.5) に示すものである。

テーブル情報の持つ項目は、

- 機器名 (製品名)
- 機器の識別子 (UnitID)
- 機器を管理するコントロールユニットの識別子 (UnitID)
- コントロールユニットのスイッチング部に接続されている入力の識別子
- コントロールユニットのスイッチング部に接続されている出力の識別子
- SUB STATE MACHINE の状態

である。

## 6.2.2 機器連動サービスを提供するために

機器連動とは、システム内 LegacyDevice の状態 ( AMP の状態、TUNER の状態、POWER の状態等) が変化することにより、これに対応して他方の LegacyDevice の状態が変化することである。

devname	unitid	ctrlunitid	input	output	SUB STATE MACHINE		
					POW	TUNER	
製品名	ユニット識別子 (UnitID)	コントロールユニットの識別子(UnitID)	スイッチング識別子 (入力)	スイッチング識別子 (出力)	POW の状態	TUNERの状態	

SUB STATE MACHINE					
	TAPE RECORDER /PLAYER	DISC RECORDER /PLAYER	AMP	RESERVE	MENU
	TAPE RECORDER /PLAYER の状態	DISC RECORDER /PLAYER の状態	AMP 遷移関	RESERVE の状態	MENU の状態

図 6.5: システム内 LegacyDevice に関するデータベースのテーブル情報

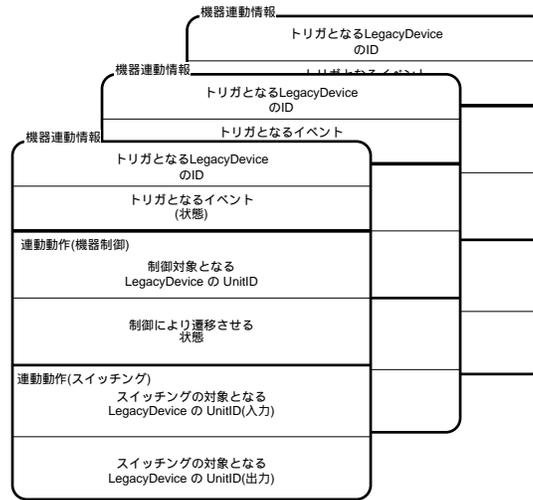


図 6.6: 機器連動情報

本システムでは、連動動作のトリガとなる SUB STATE MACHINE の状態遷移と連動動作について情報からなる、機器連動情報(図 6.6)をセンターユニットに持たせることにより、機器連動によるサービスを実現する。

具体的には、センターユニット内部に存在する LegacyDevice 内部状態マネージャが、状態変化を検知した際に 機器連動マネージャを呼び出すことにより、連動動作を実現する。

機器連動マネージャは、内部状態マネージャから通知された遷移後の状態が連動動作のトリガとのマッチングするかどうかの判別を行い、マッチングする場合は、機器連動情報に登録されている機器に対して何らかの制御を行う。

しかし、該当する機器連動動作が存在する場合でもユーザにその連動を実行すべきかどうかを問い合わせる必要がある。

- 機器状態マネージャ  
機器の内部状態を把握する。

- 連動マネージャ  
トリガとなる状態変化に対応した連動動作が存在するかを判別する。
- アナウスマネージャ  
GUI マネージャに対してアナウンスの実行を要求する。制御画面放送用チャンネルはシステム内に一つしか存在しないため、同時に複数のアナウンスを実行することが出来ない。そこで、アナウスマネージャ内部でアナウンス要求をキューイングしておき、アナウンスを一つずつ実行する。また、アナウンスを実行する際にはディスプレイデバイスであるテレビの状態を制御画面が表示可能な状態にする必要があるため、機器制御マネージャに対して機器制御の要求を行う。
- GUI マネージャ  
制御画面の作成と変更、および GUI 操作によって生成された要求メッセージの通知をおこなう。  
  
GUI 操作に関するメッセージは全て GUI マネージャによって処理され、その結果を制御画面の変更によって反映する。
- 機器制御マネージャ  
状態機械を有向グラフとして扱い、幅優先探索により SUB STATE MACHINE を目的の状態にするための入力信号(制御命令)を調べ、その信号の送信をメッセージマネージャに要求する。これにより、機器の絶対的な制御を提供する。

実際に機器連動のサービスが行われるまでの流れを、(図 6.7) に示した。まず始めに、システム内コントロールユニットによって捕捉された IREVENT メッセージがセンターユニットに対して送られて来る(図 6.7 中矢印 1)。受信した IREVENT メッセージは機器状態マネージャに渡され(図 6.7 中矢印 2)、LegacyDevice の状態の更新が行われる。状態の更新が認められた場合には、機器連動マネージャに対して状態変化が起こった旨を報告する(図 6.7 中 矢印 3)。機器連動マネージャが状態変化をトリガとする連動動作を発見すると、その連動動作の是非を問う為にアナウスマネージャに対してアナウンスの実行を要求する(図 6.7 中 矢印 4)。要求を受けたアナウスマネージャはアナウンスの実行環境を調えるために、機器制御マネージャに対してシステム内に存在するディスプレイデバイスの制御を要求し(図 6.7 中 矢印 5)、機器制御マネージャはディスプレイデバイスが制御画面を受信可能となる状態にするためのコマンドを探索しその送信をメッセージマネージャに対して要求する(図 6.7 中 矢印 6)。メッセージマネージャは、要求に従い IRSEND メッセージを送信する(図 6.7 中 矢印 7)。ディスプレイ環境を調えるための準備が完了すると、アナウスマネージャは GUI マネージャに対してアナウンス映像を放送するよう要求する(図 6.7 中 矢印 8)。

その後規定時間内でアナウンスに対する応答が得られると(図 6.7 中 矢印 9)、メッセージマネージャは GUI マネージャに対してその旨を通知する(図 6.7 中 矢印 10)。

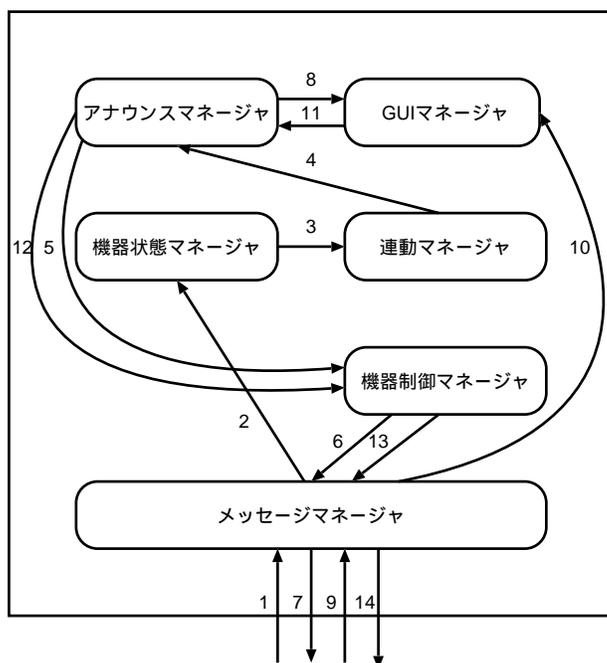


図 6.7: 機器連動サービスとセンターユニット内マネージャ

GUI マネージャは アナウンス映像の放送を中止し、アナウンス応答をアナウスマネージャに対して通知する (図 6.7 中 矢印 11)。アナウンスに対する肯定を示すメッセージが得られたのであれば、アナウンスしていた連動動作を実行させるよう、機器制御マネージャに対して要求を行う (図 6.7 中 矢印 12)。そして機器制御マネージャは連動動作を実行させるための制御コマンドを検索し、メッセージとして送信するようメッセージマネージャに対して要求を行い (図 6.7 中 矢印 13)、赤外線メッセージの送信が行われる (図 6.7 中 矢印 14)。

GUI マネージャに対してアナウンス映像の送信を要求する (図 6.7 中 矢印 7)。

以上の動作により、連動動作の確認および実行を行う。

### 6.2.3 ユーザインタフェース を提供するために

システムとして提供可能なサービスをユーザに対して提示するためには、システム内に何らかの形で ユーザインタフェース 機器を配置し、情報の提示を行なうための環境を構築しなくてはならない。

本研究で提案するシステムでは、機器資源として扱っているテレビモニタを GUI デバイスとして用いることによりその環境を構築する。このようにテレビモニタを GUI として用いる上で生じる問題は、その表示能力である。ただ多くの情報を表示するのではなく、その内容がユーザに伝わるかどうかということ considering なくてはならない。

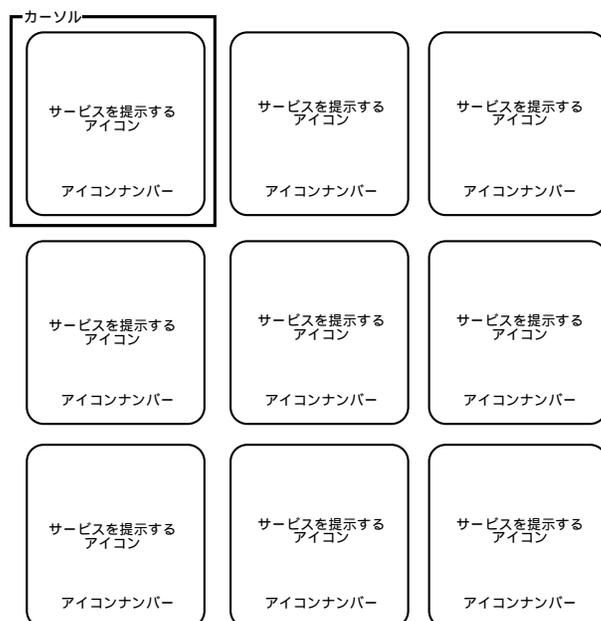


図 6.8: GUI における表示型式

そこで、ユーザからの入力を複雑なものにしないためにも、その表示型式は次のものとした。

- 1 表示する各情報にナンバーを割り振っておき、ユーザはアクセスユニットを用いてそのナンバーを送信する
- 2 GUI 表示を行う際にカーソルを表示し、ユーザはそのカーソル移動と決定のためのメッセージを送信することにより要求を実行する

### 6.3 コントロールユニットの概要

コントロールユニットは、赤外線信号を利用した LegacyDevice の遠隔制御およびアナログ AV ケーブルのスイッチングを実行する。また、各 LegacyDevice に対する赤外線信号の入力を監視することにより、機器の状態遷移のトリガとなるイベントの捕捉をおこなう。

これら赤外線信号をメッセージとしてセンターユニットに通知する際に必要となる赤外線信号・メッセージ間変換のための情報は、システム起動時にセンターユニットからダウンロードすることになる。

(図 6.9) に、コントロールユニットの概要を示す。

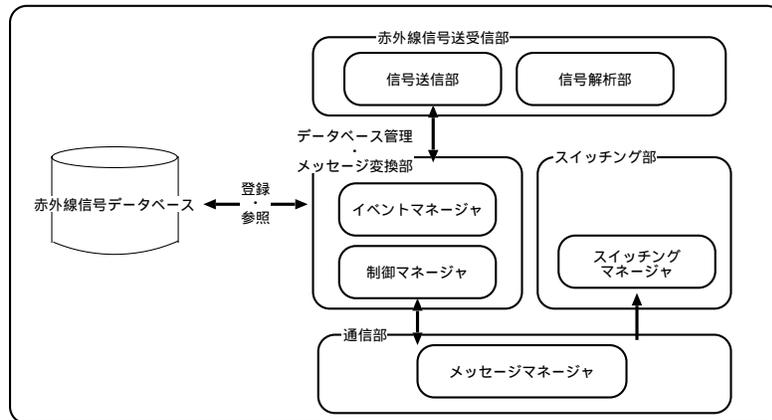


図 6.9: コントロールユニットの概要

## 6.4 アクセユニットの概要

アクセユニットは、センターユニットに対してサービスの実行を要求するためや、GUI操作を行なうためのユーザインタフェースデバイスである。アクセユニットは赤外線信号の送信によりその通信を行なうため、システムに対する赤外線リモコンとして捕えることができる。

アクセユニットの持つユーザインタフェースは、センターユニットによって提示されるGUI操作のための

- カーソル移動のための方向指示
- カーソル決定のためのボタン
- 操作取消ボタン
- アナウンスに対する許可・不許可を表すボタン

等を備えている。また、システムGUIに対する入力機器としてのユーザインタフェース以外に、システムに要求を行なうための、複数のボタンを備えている。

## 6.5 各ユニット間メッセージフォーマット

センターユニット・コントロールユニット間では、イベント通知・機器制御命令の伝達のために、メッセージを用いた通信が行われる。ここでは、ユニット間通信に用いるメッセージの詳細について述べる。

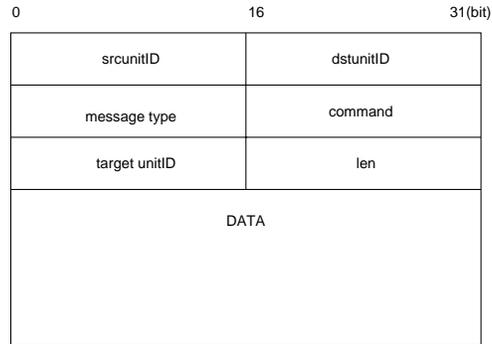


図 6.10: ユニット間通信に用いるメッセージフォーマット

### 6.5.1 メッセージフォーマット

ユニット間通信にもちいるメッセージフォーマットを (図 6.10) に示す。メッセージによって通知する内容は、主なものとして機器制御の実行を指示するものと、イベントの発生を通知するものの二種類が挙げられる。この二つの情報をユニット間で交換することにより、機器制御と状態管理が可能となる。

(図 6.10) に示したメッセージフォーマットにおける各項目についての詳細は以下のものである。

- srcunitID  
メッセージ送信元ユニットの ID。メッセージ通信が可能なユニットはセンターユニットとコントロールユニットのみであるため、センターユニットもしくはコントロールユニットの ID がこの項目に記入される。
- dstunitID  
メッセージ送信先ユニットの ID。srcunitID と同様に、センターユニットもしくはコントロールユニットの ID が記入される。
- messagetype  
メッセージがどのような内容を表すかを示す。メッセージタイプの種類は以下のものである。
  - IRCONNECT  
センターユニットに対する接続確立の要求を表す。
  - IRACK  
要求 (接続確立の要求) に対する肯定を表す。
  - IRNAK  
要求 (接続確立の要求) に対する否定を表す。

- IRSEND  
赤外線信号の送信要求を表す.
  - IREVENT  
イベント発生のお知らせを表す.
  - IRSWITCH  
スイッチング処理実行の要求を表す.
  - IREND  
接続終了のお知らせに用いられる.
- command  
メッセージタイプが IRSEND・IREVENT である際に、実際にどのような内容のメッセージであるかを示すために用いられる。以下に、commandtype の種類を示す.
  - targetunitID  
コントロールユニットに対して要求メッセージ (IRSEND) を送信する際や、センターユニットに対してイベント通知メッセージ (IREVENT) を送信する際には、その制御対象・イベント発生元 LegacyDevice を特定する識別子が必要となる。そこで、この targetunitID によって制御・イベント発生元 LegacyDevice を識別する.
  - len  
後に続くデータ部の長さを表す.
  - data  
データ部には、センターユニットから各コントロールユニットに対してロードされる赤外線コード表が含まれる.

command	説明
POWER	電源操作
CHUP	チャンネル操作 (UP)
CHDOWN	チャンネル操作 (DOWN)
VOLUP	音量操作 (UP)
VOLDOWN	音量操作 (DOWN)
PLAY	再生操作
STOP	停止操作
PAUSE	一時停止操作
FF	早送り操作
REW	巻き戻し操作
SLOW	スロー再生
REC	録画・録音操作
TV	テレビ入力切替
LINE	入力切替操作
LINE1	外部入力 1 操作
LINE2	外部入力 2 操作
MENU	メニュー画面呼び出し操作
CUP	メニューカーソル操作 (UP)
CDOWN	メニューカーソル操作 (DOWN)
CLEFT	メニューカーソル操作 (LEFT)
CRIGHT	メニューカーソル操作 (RIGHT)
CENTER	メニュー項目の決定
CCANCEL	メニュー項目の取り消し
UP	制御画面におけるカーソル操作 (UP)
DOWN	制御画面におけるカーソル操作 (DOWN)
LEFT	制御画面におけるカーソル操作 (LEFT)
RIGHT	制御画面におけるカーソル操作 (RIGHT)
ENTER	制御画面における項目の決定
CANCEL	制御画面における項目の取り消し

表 6.1: commandtype の種類とその意味

## 6.6 ユニット間通信におけるメッセージフロー

センターユニットは、起動後各コントロールユニットとの間で通信路を確立した後、各 LegacyDevice の内部状態管理や機器の連動によるサービスを開始する。

ここでは、センターユニット・コントロールユニット間の接続の確立からイベント通知動作・機器連動サービスが行われるまでのメッセージの流れを(図 6.11)(図 6.12)に示す。

(図 6.11) は接続開始からイベント通知・イベント処理(機器状態の更新)が行なわれる際のメッセージの流れを、(図 6.12) は連動動作が行なわれる際のメッセージの流れを示している。

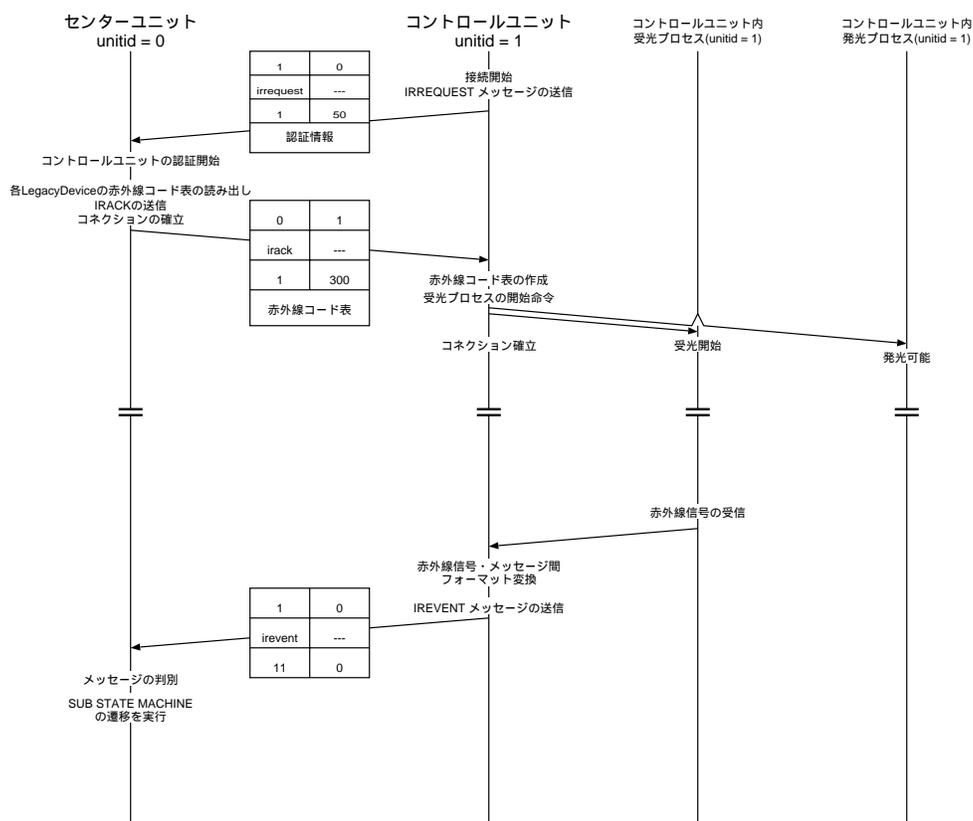


図 6.11: コネクション確立におけるメッセージフロー

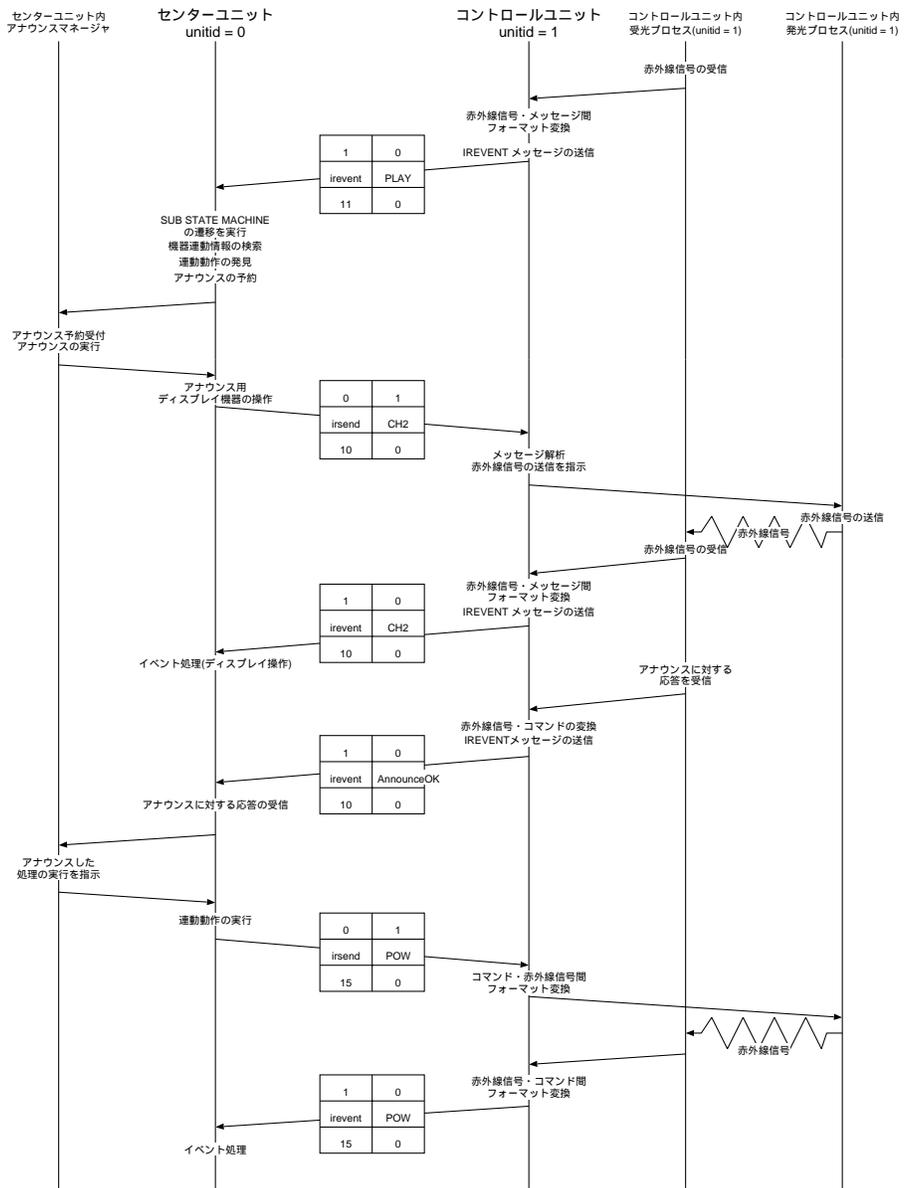


図 6.12: 機器連動動作におけるメッセージフロー

## 6.7 イベントの種類とその処理

センターユニットが実行するイベント処理は大きく分けて二つの種類に分類することが出来る。一つは、

1 LegacyDevice の遠隔操作によって発生したイベントに対する処理

であり、もう一つは

2 コントロールユニットを用いた GUI 操作および提示されたサービスの実行要求によって発生したイベントに対する処理

である。そこで、1 のイベント処理の流れを 6.7.1 で、2 のイベント処理の流れを 6.7.2 で説明し、両者の違いを明確にする。

### 6.7.1 イベント処理の流れ (1)

イベント処理の流れを、(図 6.13) を用いて説明する。

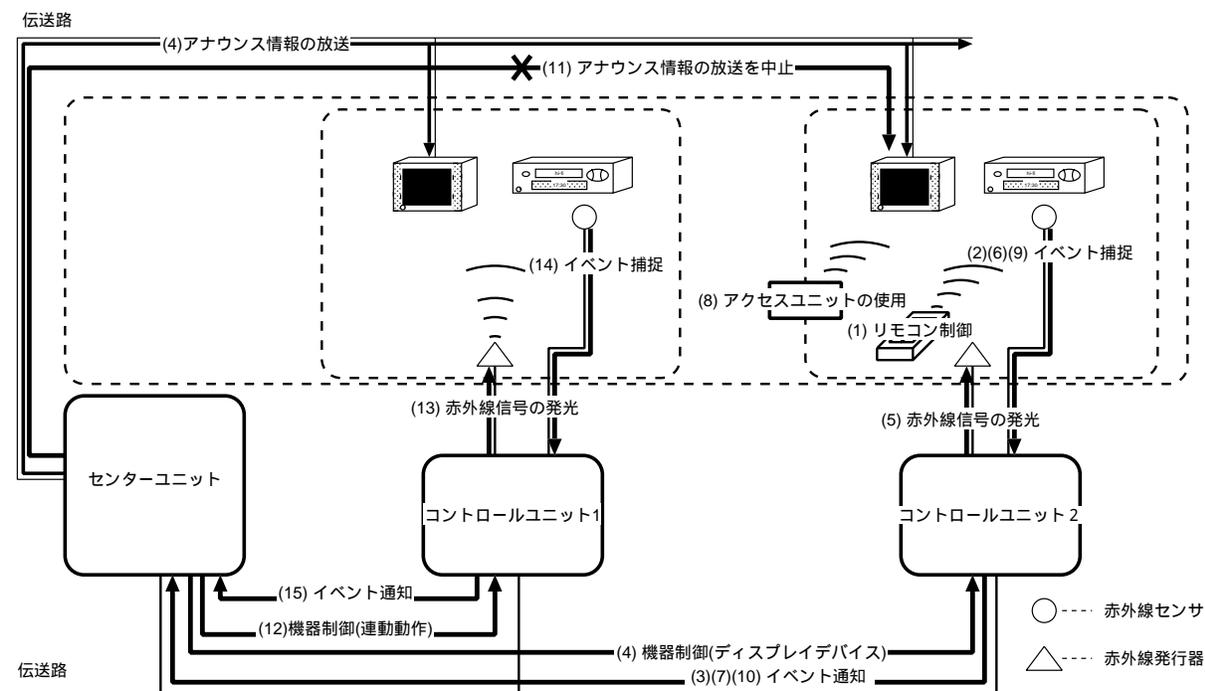


図 6.13: 機器連動の概要

まず、ユーザがリモコン操作により LegacyDevice(VTR) の操作を行う (1)。その赤外線信号はコントロールユニット2の赤外線モニタリング部によって捕捉され (2)、イベン

ト通知メッセージとしてセンターユニットに送信される (3). センターユニットは通知されたメッセージ内容に従いイベント処理 (LegacyDevice の状態遷移等) を行い, その状態遷移をキーとした機器連動サービスが存在するかの検索を行う.

機器連動サービスが存在しないときはここで処理は終了し, 機器連動サービスが存在するときは 下記の動作を実行する.

## 連動処理

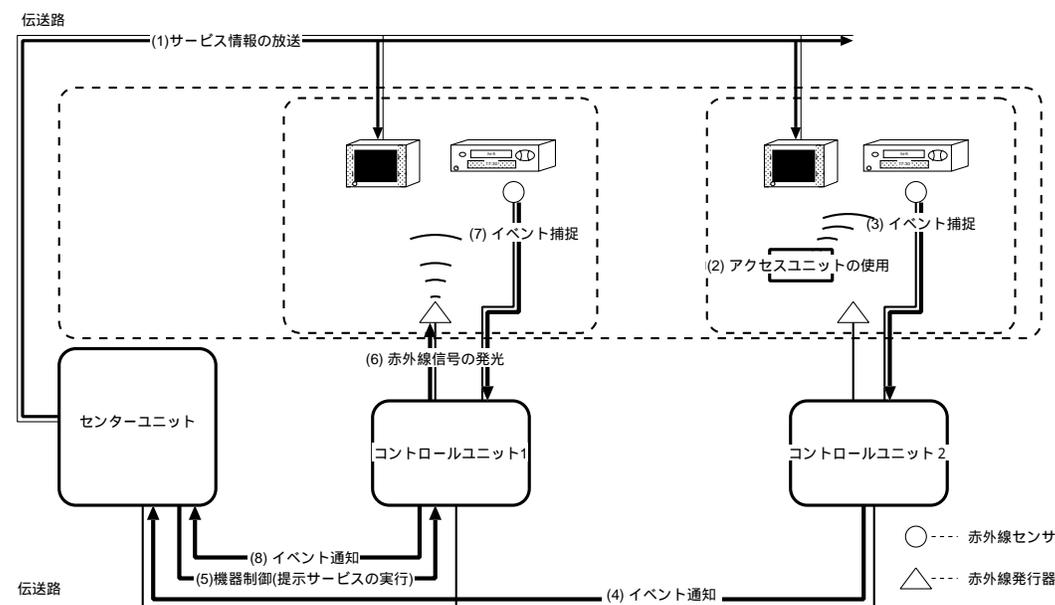
センターユニットはイベント処理の際に何らかの連動動作を発見すると, 機器連動の実行が適切であるかどうかの判断を行うために, ユーザに対して確認を行うことになる. そこで, まず始めに (4)(5) の動作によりアナウンス用映像の放送とディスプレイデバイスの制御を行い, 機器連動の引き金となったイベントが発生したコントロールユニットのドメイン内に存在するディスプレイデバイスを用いてアナウンス環境を構築する. この際の機器操作もコントロールユニットによって捕捉され (6), イベント通知メッセージとしてセンターユニットに送信される (7). ここで注意しなくてははいけない事として, ディスプレイ機器の制御に連動した機器連動サービスが存在してはいけない, という事が挙げられる.

放送されたアナウンス情報に対してユーザはアクセスユニットを用いた応答を行い (8), その要求はイベントとして捕捉され (9), イベント通知メッセージとしてセンターユニットに送信される (10).

通知されたイベントメッセージがアナウンス内容に対する肯定 (ANNOUNCEACK) もしくは否定 (ANNOUNCENAK) である場合は, アナウンス用映像の送信を中止する (11). アナウンス内容に対する肯定 (ANNOUNCEACK) が受信された場合は, その後連動動作を実行するため機器制御命令メッセージを適切なコントロールユニットに対して送信し (12), メッセージを受け取ったコントロールユニットは赤外線信号による機器操作を行う (13). コントロールユニットによって行われた機器操作はイベントとして捕捉された後 (14), イベント通知メッセージとしてセンターユニットに送信され (15), イベント処理が行われる.

## 6.7.2 イベント処理の流れ (2)

コントロールユニットを用いた GUI 操作および提示されたサービスの実行要求によって発生したイベントに対する処理の流れを、(図 6.14) を用いて説明する。



まず始めに、User Interface Device であるアクセスユニットによって提示されるサービス、もしくはテレビモニタを利用した GUI によって提示されるサービス (1) の実行要求を、アクセスユニットの操作により通知する (2)。アクセスユニットにより送信された赤外線信号はコントロールユニット 2 の赤外線モニタリング部によって捕捉され (3)、イベント通知メッセージとしてセンターユニットに送信される (4)。センターユニットは通知されたメッセージ内容に従い提示したサービスの検索およびその実行をおこなう。提示したサービスの実行時における処理の流れは下記の「提示したサービスの実行」に示す。

### 提示したサービスの実行

センターユニットは提示したサービスの実行要求を受け取ると、6.7.1 で示したようなアナウンスを行うことなく、そのサービスの実行を行う。まず始めに、センターユニットは適切なコントロールユニットに対して制御命令 (IRSEND, IRSWITCH 等) を送信する (5)。制御命令を受け取ったコントロールユニットは、その制御命令の内容が IRSEND である際は赤外線信号の送信を (6)、IRSWITCH である場合はスイッチング処理を行う。 (6) の際の機器操作は同コントロールユニットによって捕捉され (7)、イベント通知メッセージとしてセンターユニットに送信される (7)。

### 6.7.3 各ユニットの状態遷移図

#### センターユニット

センターユニットの状態遷移図は、(図 6.15)(図 6.16) で表される。センターユニットは、機器資源の管理及び制御を行なう核となる部分(図 6.15)と、GUI を実現する部分(図 6.16)からなるため、二つのプロセスによって構成される。プロセス間通信は、状態遷移図内のイベントおよびアクションによって表されている。各状態遷移図内でのイベントとアクションの意味は、(表 6.2)(表 6.3) に示すとおりである。

なお、センターユニットの状態遷移図における状態 EXEC CHAIN REACTION と SET DISPLAY DEVICE それぞれ 連動動作の実行、ディスプレイ環境構築のための機器操作を表す部分であり、その内容は複雑なものとなるため、ここではその詳細を省略した。

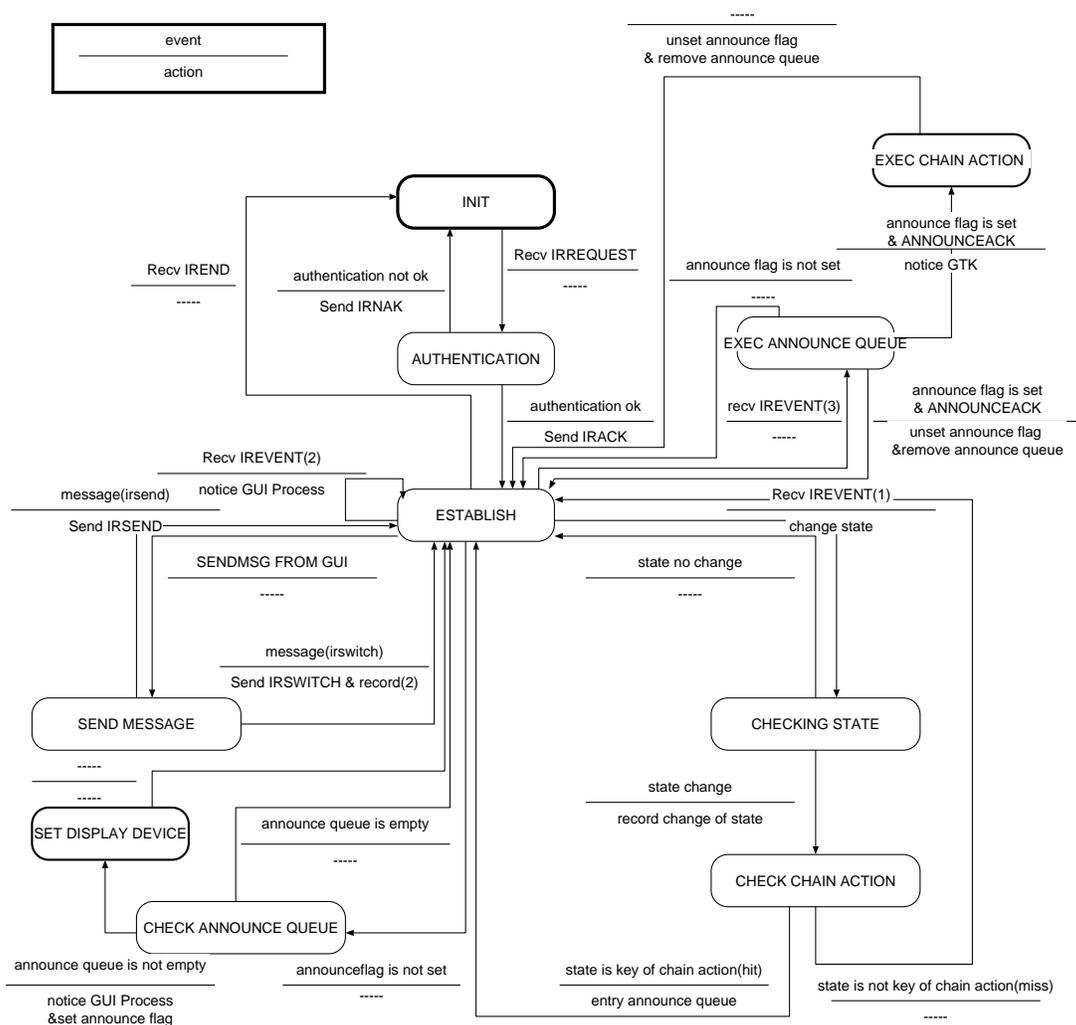


図 6.15: センターユニットの状態遷移図 (基本部分)

イベント	イベントの意味	アクション	アクションの意味
IREVENT(1)	機器操作を示すイベント情報を受信	IRACK	IRACK メッセージの送信
IREVENT(2)	カーソル操作を示すイベント情報の受信	IRNAK	IRNAK メッセージの送信
IREVENT(3)	アナウンス応答を示すイベント情報の受信	IRSEND	IRSEND メッセージの送信
IREND	IREND メッセージの受信	IRSWITCH	IRSWITCH メッセージの送信
authentication ok	認証が成功した	change state	機器状態の遷移を実行
authentication nok	認証に失敗した	record(1)	機器の内部状態の変更を記録
message(switch)	GUI プロセスからのスイッチング要求	set announce flag	アナウンス中を示すフラグのセット
message(irsend)	GUI プロセスからの機器操作要求	unset announce flag	アナウンス中を示すフラグの解除

表 6.2: (図 6.15) におけるイベント及びアクションの内容

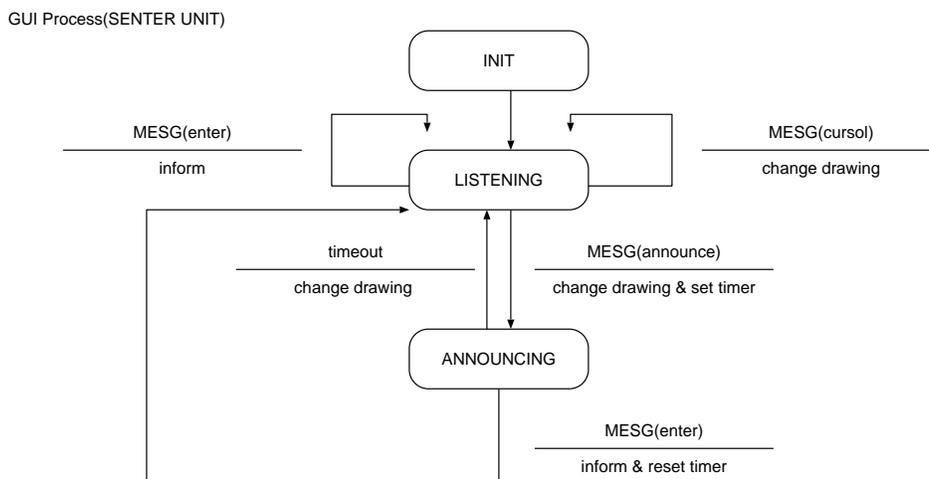


図 6.16: センターユニットの状態遷移図 (GUI 部分)

イベント	イベントの意味	アクション	アクションの意味
MESG(announce)	アナウンス要求の受信 (プロセス間通信)	change drawing	表示情報の変更
MESG(enter)	カーソル情報の決定通知 (プロセス間通信)	inform	コアプロセスに対して情報を通知
MESG(cursor)	カーソル操作要求の受信 (プロセス間通信)	set timer	タイマの設定
timeout	タイムアウトの発生	reset timer	タイマの解除

表 6.3: (図 6.16) におけるイベント及びアクションの内容

イベント	イベントの意味	アクション	アクションの意味
IRACK	IRACK の受信	IRREQUEST	IRREQUEST の送信
IRNAK	IRNAK の受信	IREVENT	IREVENT メッセージの送信
recvIR	赤外線信号の受信	settimer	タイマの設定
IRSEND	IRSEND の受信	sendIR	赤外線信号の送信
IRSWITCH	IRSWITCH の受信	switching	ケーブルスイッチングの実行
fin	プロセス強制終了要求の発生	IREND	IREND の送信

表 6.4: (図 6.17) におけるイベント及びアクションの内容

## コントロールユニット

コントロールユニットの状態遷移図を、(図 6.17) に示す。なお、そのイベントとアクションの意味は(表 6.4) に示すとおりである。

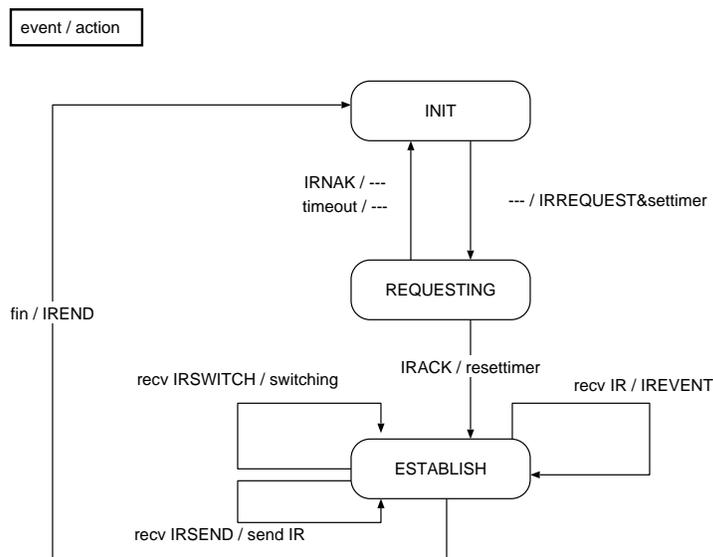


図 6.17: コントロールユニットの状態遷移図

## 第7章 動作実験

各ユニットの実装を行い(図 7.1) に示す環境を構築し、システムの動作実験を行った。

実験に使用した各 LegacyDevice の SUB STATE MACHINE と INPUT SELECTOR については、別途記載した。なお、予約機能の管理を行なう SUB STATE MACHINE の実装を行なわなかったため、あらかじめ赤外線リモコンを利用した機器の予約操作を禁止した環境での実験となった。

検証には、一台のテレビモニタとビデオテープレコーダを用い、テレビモニタをシステムとの GUI 機器として利用した。GUI 機器に表示するサービス提示のための映像及びアナウンス映像は、PC 上で GTK(Gimp Took Kit) を使用して作成し、その PC 映像出力をスキャンコンバータ用いて変換し、アナログ AV ケーブルを用いて放送した。

また、アクセスユニットとして、システム内 LegacyDevice の制御用赤外線信号と重複しない信号を送信する赤外線リモコンを使用した。なお、センターユニット・コントロールユニット間の通信には TCP/IP を利用した。

今回実装したコントロールユニットには赤外線信号の受光部および発光部が各々一つしか存在しないため、各 LegacyDevice を一箇所にまとめて配置し、ユーザ入力の赤外線信号の捕捉および機器制御を行なった。

システムとして各 LegacyDevice の内部状態を正しく捕捉しているかを確認するために、センターユニットに各 LegacyDevice の状態変化が発生する毎にその情報を Log 表示させ、実際の機器の状態とその情報が一致しているかの判定を行なった。

また、機器の連動動作の確認を行なうために、センターユニット内に機器連動の情報をあらかじめ既述・登録し、その既述どおりに機器制御が行なわれるか同かの検証を行なった。この連動動作の検証においては、機器の内部遷移に連動して動作するものと、テレビモニタとアクセスユニット利用した UserInterface 操作によって動作するものの二通りについて行なった。

検証の結果、機器の制御および連動動作の実行が確認され、LegacyDevice を機器資源として扱い機器の連動によるサービスを提供することが可能であるということがわかった。

### 7.1 考察

本システムでは、機器連動によるサービスを実行する際にユーザに対してその確認通知を行なうのであるが、その GUI としてテレビモニタを用いているため、確認通知のたびにシステムはテレビモニタを操作することになる。つまり、テレビモニタの電源が OFF の

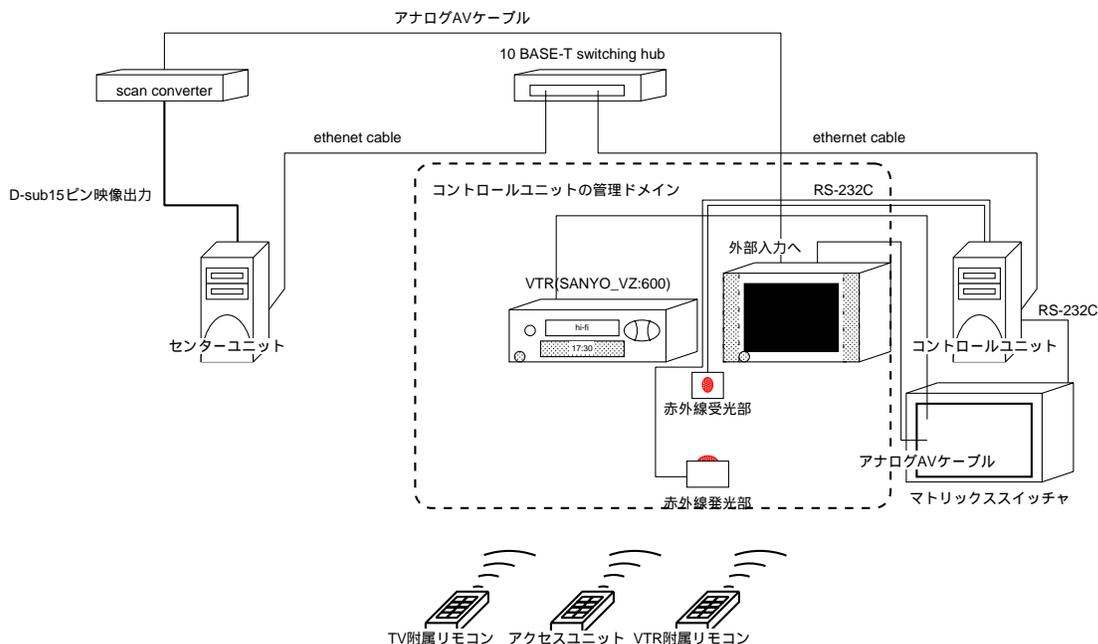


図 7.1: 実験環境

状態であっても何らかの番組を見ている状態でも、自動的に制御情報を放送するチャンネルが表示されることになる。

この問題を回避するためには、確認通知のための映像情報をあらかじめテレビモニタに入力される映像情報と合成しておくことや、確認通知を音声によって行なうこと等が有効なものとして考えられる。

また、動作実験により、内部遷移が存在する SUB STATE MACHINE を資源として厳密に管理することは、提案するシステムにおいては不可能であることがわかった。何故なら、本システムでは機器の状態遷移をおこすトリガとなるものを赤外線信号の入力のみとして捕えているからである。機器の中でも内部遷移が発生しない SUB STATE MACHINE については正確に管理・制御することが可能であるが、TAPE RECORDER/PLAYER といった機能を機器資源として正確に扱うことは難しい。

このような内部遷移に関する問題を解決する方法として、あらたに内部遷移を捕捉するセンサを配置することや、アナウンスを利用してユーザに対して補佐をもとめること、一定時間ごとに初期化シーケンスを送信し機器を初期状態にすること等が考えられる。

## 7.2 実験に使用した機器の状態遷移関数

ここでは、実検で用いた家電機器の状態遷移図に関する調査を記す。

## 7.2.1 SANYO\_VZ:600(VTR) の NFA

これは、VTRである SANYO\_VZ:600 の SUB STATE MACHINE である TAPE RECORDER / PLAYER 状態機械の、非決定性有限状態機械 ( NFA ) を表す状態遷移表である。これらの遷移表の作成にあたって、実際に機器に対して赤外線リモコンを用いた入力を行ない状態遷移の確認を行なった。なお、状態遷移表は出力と状態が関連付けられている Moore 型の状態機械として表記した。

ビデオテープなどのメディアの再生・記録をおこなう家電機器は内部遷移の発生が非常に多いため、その状態遷移表を作成するのは非常に困難なものとなった。

入力 状態	pow	play	ff	rew	stop	pause	slow	rec	$\tau$
STOP	STOP	PLAY	STOP_FF	STOP_REW				REC	
PLAY	STOP		PLAY_FF	PLAY_REW	STOP	PAUSE	SLOW		STOP_REW
STOP_FF	STOP	PLAY	PLAY_FF	STOP_REW	STOP				STOP
STOP_REW	STOP	PLAY	STOP_FF	PLAY_REW	STOP				STOP
PLAY_FF	STOP	PLAY	STOP_FF	PLAY_REW	STOP				STOP_REW
PLAY_REW	STOP	PLAY	PLAY_FF	STOP_REW	STOP				STOP
PAUSE	STOP	PLAY			STOP		SLOW		
SLOW	STOP	PLAY			STOP	PAUSE			
REC	STOP				STOP	REC_PAUSE			STOP
REC_PAUSE	STOP				STOP	REC		REC	

表 7.1: TAPE RECORDER/PLAYER 状態遷移表 (NFA)

## 7.2.2 SANYO\_VZ:600(VTR) の DFA

上記の NFA から得た決定性有限状態機械 ( DFA ) の遷移表を、次に示す (表 7.2)。NFA から DFA への変換に用いたアルゴリズムは、以下に示すものである。

- 1 初期状態から内部遷移  $\tau$  によって到達できる遷移先状態を集め、その集合と開始状態を一つの状態群とする。
- 2 一つの状態群  $s$  の中の各々の状態から、 $\tau$  以外のある入力  $a$  で遷移で到達できる遷移先と、そこから内部遷移  $\tau$  によって到達できる遷移先を全て一つの状態群としてまとめ、それを状態群  $s$  からの入力  $a$  による遷移先とする。
- 3 上記 2 を新しい状態群が生成できなくなるまで繰り返す。

さらに、状態数を減らすために初期状態 STOP からの遷移が不可能である状態を調査したところ、PLAY, STOP\_FF, STOP\_REW, PLAY\_FF, PLAY\_REW, といった機器の状態を正確につたえる状態へ到達できないことがわかった。NFA の変換によって得られる DFA では、多くの状態が簡略化され、その情報は著しく失われるため、状態から得られるものは少ない。そのため、この DFA を基に SUB STATE MACHINE の遷移関数を作成し、機器を管理しても、その詳細な情報まで把握することが出来ないことは明らかである。

状態 \ 入力	pow	play	ff	rew	stop	pause	slow	rec
STOP	STOP	PLAY- -STOP_REW- -STOP	STOP_FF- -STOP_REW- -STOP	STOP_REW- -STOP				REC- -STOP
PLAY	STOP	PLAY- -STOP_REW- -STOP	PLAY_FF- -STOP_REW- -STOP	PLAY_REW- -STOP	STOP	PAUSE	SLOW	
STOP_FF	STOP	PLAY- -STOP_REW- -STOP	PLAY_FF- -STOP_REW- -STOP	STOP_REW- -STOP	STOP			
STOP_REW	STOP	PLAY- -STOP_REW- -STOP	STOP_FF- -STOP_REW- -STOP	PLAY_REW- -STOP	STOP			
PLAY_FF	STOP	PLAY- -STOP_REW- -STOP	STOP_FF- -STOP_REW- -STOP	PLAY_REW- -STOP	STOP			
PLAY_REW	STOP	PLAY- -STOP_REW- -STOP	PLAY_FF- -STOP_REW- -STOP	STOP_REW- -STOP	STOP			
PAUSE	STOP	PLAY- -STOP_REW- -STOP			STOP		SLOW	
SLOW	STOP	PLAY- -STOP_REW- -STOP			STOP	PAUSE		
REC	STOP	PLAY- -STOP_REW- -STOP	STOP_FF- -STOP_REW- -STOP	STOP_REW- -STOP	STOP	REC_PAUSE		
REC_PAUSE	STOP				STOP	REC- -STOP		REC- -STOP
PLAY- -STOP_REW- -STOP	STOP	PLAY- -STOP_REW- -STOP	PLAY_FF- -STOP_FF- -STOP_REW STOP	PLAY_REW- -STOP_REW- -STOP	STOP	PAUSE	SLOW	REC- -STOP
PLAY_FF- -STOP_REW- -STOP	STOP	PLAY- -STOP_REW- -STOP	STOP_FF- -STOP_REW- -STOP	PLAY_REW- -STOP_REW- -STOP	STOP			REC- -STOP
STOP_FF- -STOP_REW- -STOP	STOP	PLAY- -STOP_REW- -STOP	PLAY_FF- -STOP_FF- -STOP_REW- -STOP	PLAY_REW- -STOP_REW -STOP	STOP			REC- -STOP
PLAY_REW- -STOP	STOP	PLAY- -STOP_REW- -STOP	PLAY_FF- -STOP_FF- -STOP_REW- -STOP	STOP_REW- -STOP	STOP			REC- -STOP
REC STOP	STOP	PLAY- -STOP_REW- -STOP	STOP_FF- -STOP_REW- -STOP	STOP_REW- -STOP	STOP	REC_PAUSE		STOP
STOP_REW- -STOP	STOP	PLAY- -STOP_REW- -STOP	STOP_FF- -STOP_REW- -STOP	PLAY_REW- -STOP_REW- -STOP	STOP			REC- -STOP
PLAY_REW- -STOP_REW- -STOP	STOP	PLAY- -STOP_REW- -STOP	PLAY_FF- -STOP_FF- -STOP_REW- -STOP	PLAY_REW- -STOP_REW- -STOP	STOP			REC- -STOP
PLAY_FF- -STOP_FF- -STOP_REW- -STOP	STOP	PLAY- -STOP_REW- -STOP	PLAY_FF- -STOP_FF- -STOP_REW- -STOP	PLAY_REW- -STOP_REW- -STOP	STOP			REC- -STOP

表 7.2: TAPE RECORDER/PLAYER 状態遷移表 (DFA)

## 第8章 今後の課題

### 8.1 機器のコスト

本研究で提案するシステムでは、新規配線の必要がない既存の伝送路と LegacyDevice を用いることによりシステム導入の際にかかるコストが抑えられると考えられる。しかし、各コントロールユニット毎に存在する赤外線発光部と受光部にかかるコストがどのぐらいのものになるかによって、システム導入の際にかかるコストは大きく変動する。

そこで、その赤外線発光回路と受光回路のおおよそのコストについて調査し、その考察を行った。

赤外線の発光回路図と受光回路図 [8][14] から、そのコストを計算し、赤外線発光部と受光部にかかるおおよその費用を調査した。なお、の計算には工業用部品総合カタログを利用した。(表 8.1 8.2) に示すように、発光部一つにつきおおよそ 660 円、受光部一つにつきおおよそ 2640 円の費用がかかる。赤外線発光部に比べ受光部のコストが高いのは、調査した赤外線受光回路はマイコン制御により赤外線信号の解析をおこなっているためである。この赤外線信号の解析をコントロールユニットによって行なうことにより、受光部のコストを削減することは可能であると考えられる。

本研究で提案したシステムでは、赤外線の受光器を各 LegacyDevice ごとに配置することにより各機器におけるイベントを確実に捕捉するため、この受光部の数を削減することは好ましくない。また、より確実に機器を制御するためには、赤外線の発光部も各 LegacyDevice ごとに配置することが好ましい。

システムを構築する際には、PC 程度の処理機能を備えたセンターユニットおよびコントロールユニット、赤外線リモコンであるアクセスユニット、管理する LegacyDevice の数に対応した赤外線送信部・受信部が必要となり、ある程度の費用がかかることがわかった。

### 8.2 メディア状態の判別

TAPE RECORDER/PLAYER や DISC RECORDER/PLAYER といった機器は、TAPE や DISC といったメディアが挿入されているかいないかによって、異なる状態遷移をたどることになる。メディア存在の有無は、機器に対する赤外線信号の入力を捕捉するだけでは判定できないため、何らかの方法を規定する必要がある。

その方法として、

部品名	備考	個数	コスト (円)	合計
抵抗		10	10	80
可視光 LED	TLN105A	2	49	98
セラミックコンデンサ		1	11	11
電解コンデンサ		3	8	24
オーディオアンプ	$\mu$ PC2800	1	88	88
IC	74HC04	3	33	99
フォトダイオード	PH302B	1	260	260
				660

表 8.1: 赤外線発光回路のコスト

部品名	備考	個数	コスト (円)	合計
抵抗		35	10	350
フィルムコンデンサ		2	36	72
セラミックコンデンサ		16	11	176
IC	LM6361	6	440	2640
IC	LM311	2	230	460
IC	74HC86	1	44	44
IC	74HC04	2	29	58
IC	74HC00	1	29	29
ダイオード	10D-1	4	10	40
ダイオード	1s1588	4	10	40
				3809

表 8.2: 赤外線受光回路のコスト

- 1 機器にメディア有無状態の判別を行なうセンサを配置する
- 2 ユーザにメディア有無状態を報告させる

といったものが考えられる。2の方法は、ユーザによる報告という非現実性の強いものであるが、その報告の度に状態を正確に修正することが可能であり、またその実現も容易であると考えられるため、ある程度有効なものであると考えられる。

如何にして機器の持つメディアの状態を判別するかということが、今後の課題として挙げられる。

### 8.3 入力信号のバッファリング

本研究で提案したシステムでは、機器に対する入力信号をバッファリングすることなく各状態機械に対して入力している。しかし、機器によっては入力信号をバッファリングする必要がある。たとえば、CATV等のチューナー機器では、CH1を入力して数秒以内にCHxの追加入力があればそれはCH1xという要求として、追加入力がなければCH1の要求として処理している。

このように、本システムでこのような機器を正確に管理するためには、なんらかの形で入力信号をバッファリングして処理しなくてはならない。

これらのバッファリング処理を行なうのは、センターユニット・コントロールユニットの両者において実現可能である。コントロールユニットはイベントの捕捉とその報告を行なうものであるため、この時点でバッファリング処理を行いイベントとして通知することが順当なものであると考えられるが、コントロールユニットの機能を殖やすことは、コントロールユニットに要求される処理能力を増大させ、コストの上昇を招くことが予想されるため、どちらのユニットによって処理させるかの判定は難しい。

これら入力信号のバッファリング処理を如何にして行なうかが、今後の課題として挙げられる。

## 8.4 赤外線送受信部の再配置及びユニット間通信の簡略化

本研究で提案したシステムでは、機器の状態管理を行なうには十分なものであるが、そのユニット間通信は頻発に行なわれることになる。また、システムによる機器制御が行なわれる（赤外線信号が送信される）際に、なんらかの原因でその信号が遮られ機器の操作が行なわれなかったときに、その制御の再実行を行なっていない。つまり、機器状態の管理を正確に行なうことはできるが、システムによる機器制御は確実ではない。この原因は、赤外線発光部と受光部の配置・構成にある。

この問題の解決法として、(図 8.1) に示すように赤外線発光部・受光部を配置する方法や、システムによる機器制御の保障を行なう機能をセンターユニット内に実装することなどが考えられる。これらの事が、今後の課題として挙げられる。

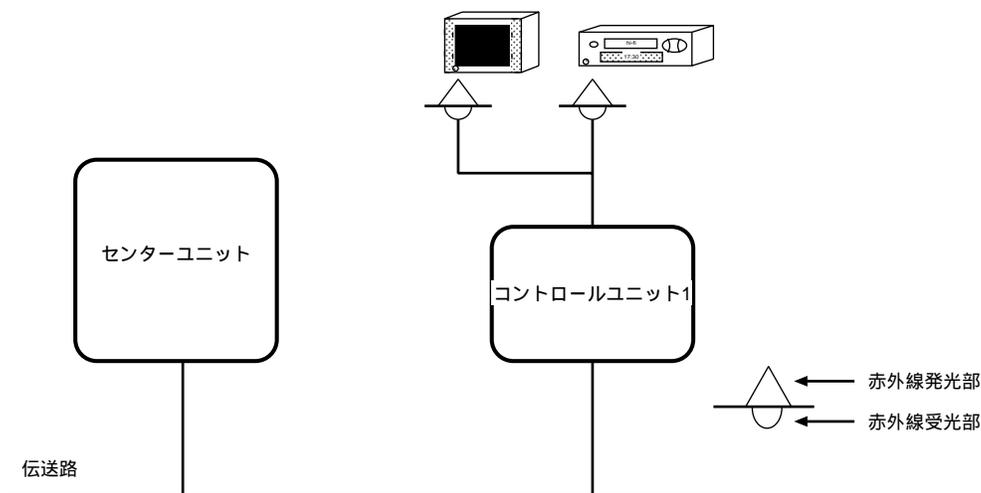


図 8.1: 赤外線発光部・受光部の再配置

## 第9章 まとめ

本研究では、ネットワーク接続機能を備えていない既存の家電機器である LegacyDevice を機器資源として扱いその制御を実現するシステムの提案を行った。また、システム内に知的な機能を持たせることにより、機器の連動動作によるサービスが提供可能となることを示した。

本研究で提案するシステムは、赤外線制御が可能な従来の家電機器を対象としたものであるため、情報家電のみを対象としたホームネットワークを構築する際にネックとなる「家庭内の家電機器を総入れ換えする作業」の必要がない。

また、本システムにより従来の家電機器を用いて HAVi や Jini と同等なサービスが提供可能となる。また、AV/C コマンドや X-10 プロトコルなどの機器制御プロトコルと本システムにおける機器制御プロトコルとの間の変換機能を実装すれば、LegacyDevice の使用範囲はより広いものにすることが出来る。

本研究では、家電機器を状態機械としてとらえ、その機器に対する入力である赤外線信号を捕捉することにより機器のもつ内部状態の捕捉・管理を可能とした。そして、その管理情報を機器の持つ情報として扱うことにより、LegacyDevice を機器資源として扱うことを可能とした。そのため、提案したシステムは一般的な AV センサシステムと異なり、ユーザのリモコン操作による機器操作を禁止していない。よって、システム導入によって機器操作環境が変化するというのではなく、ユーザに対してより易しいものであるといえる。

現在ホームネットワークにおける通信媒体として、電灯線・特定小電力無線といった新規配線の必要がない既設伝送路が注目されている。本システムにおいてもこれらのものを通信媒体として用いることは可能であり、またこれらを用いることでより一層構築が容易なシステムとすることが可能となると考えられる。

将来においても家庭内に存在し続けることが予想される LegacyDevice を機器資源として扱いその管理を行なうための枠組みは、今後益々重要視されるものと考えられる。

## 参考文献

- [1] HAVi, Inc. HAVi-Home Audio/Video Interoperability. on-line available at <http://www.havi.org>.
- [2] Sun Microsystems. JINI NETWORK TECHNOLOGY. on-line available at <http://www.sun.com/jiji/>
- [3] 1394 Trade Association. AV/C Digital Interface Command Set General Specification Version 2.0.1, 1998.
- [4] 日刊工業新聞社. 高速デジタルインタフェース IEEE 1394 AV 機器への応用, 2000.
- [5] X-10 Technology and Resource Forum. on-line available at <http://www.x10.com>.
- [6] 電力線搬送の現状, Interface, Sep, pp70–81, 2000.
- [7] ECHONET CONSORTIUM. ECHONET SPECIFICATION version 2.11, 2002.
- [8] ワイヤレス・データ伝送の技法, トランジスタ技術, Nov, pp261–279, 1996.
- [9] 宇野 裕史, 花田 恵太郎, 豆田 憲治, 川尻 百恵, 樫原 潤三, 吉川 達夫, 中川 浩和, 神井 美和, 笠原 洋子, ユニバーサルコントローラの開発. シャープ技法
- [10] 徳永 英治, 石川 広男, 中島 達夫, 次世代ホームコンピューティングのためのミドルウェアの構築, 日本ソフトウェア科学会第 18 回大会論文集, 2001.
- [11] 西村 浩二, 太田 昌孝, 前田 香織, 相原 玲二, インターネット上のマルチメディア機器制御プロトコル, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.2, pp280–287, 2000.
- [12] 西村 浩二, 前田 香織, 相原 玲二, 遠隔機器制御プロトコル RACP のフレームワークとその応用, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.12, pp2869–2877, 2001.
- [13] 河野 英太郎, 新谷 和司, 前田 香織, インターネットを用いた赤外線リモコンによる一般家電遠隔制御, 情報処理学会 DSM 研究会報告, 22-7, pp33–38, 2001.
- [14] 井上 志朗, 中川 敬介, 中村 耕三, 西山 敦子, 既設住宅のホームオートメーション, 滋賀職業能力開発短期大学校 卒業論文, 1994.
- [15] ホームネットワーク技術, トリケップス.

# 謝辞

研究をまとめるにあたり、常に研究の方向性についての指針を与えてくださり、また論理的に物事を捕えることの重要性を教授して下さった丹康雄助教授に深く感謝致します。また、研究に関して度々貴重な意見を与え、叱咤激励して下さった丹研究室のみなさんに感謝致します。

そして、研究生生活を様々な面で援助して下さった、石井家、細川家のみなさんに感謝致します。

# 付 録 A 電灯線を用いた通信技術

電灯線には、家庭内に張り巡らされている屋内配電線や電力会社の高圧送電線、電柱から家屋までの引込線などがあり、最も普及したインフラということが出来る。中でも屋内配線は、新規配線が不用であるためホームネットワークにおける通信路としての利用価値は高く、大きな期待が寄せられている。X-10 や ECHONET において伝送路として使用されている

そこで、電灯線を用いた通信技術についても規定している X-10 と ECHONET を例にとり、その電灯線通信技術の調査と本研究で提案するシステムで用いる上での考察を行った。

## A.1 ECHONET における電灯線通信

ECHONET では、下位通信レイヤに、電灯線、小電力無線、ツイストペア線、赤外線などの下位通信プロトコルが数多く定義されている。そして、TCP/IP にまったくとらわれない設備系のネットワークを対象としている点が特長として挙げられる。

ECHONET ver2.11 においては、電波法施行規則第 46 条の 2 の 6 「搬送波の変調の型式がスペクトラム拡散方式である特別搬送式デジタルデータ電送装置の条件」を準拠した通信方式を規定しており、スペクトラム拡散変調方式によりより高ビットレートの通信を実現しようと試みている。

なお、日本国内において電灯線を用いた通信において利用できる搬送周波数帯域は、電波法施行規則により 10 kHz から 450kHz までと定められているため、ECHONET においてもこれに準拠した搬送周波数を利用している。

### A.1.1 電力線搬送方式

ECHONET における電灯線通信は PSK (位相変調) をベースとし、これに更に高速の PN (擬似雑音) 符号を掛けることにより、信号の周波数スペクトラムを広帯域に拡散して送信する。一方、受信側では送信側と同一の PN 符号と同期させて逆拡散する。このことによって単なる PSK 信号に変換され、これを PSK 復調器で復調することによって元のデジタル信号を得ることになる。

実際の家庭における電灯 (電力) 線には照明器具、冷蔵庫、テレビ、洗濯機等の様々な家電機器が接続されている。これらの機器から出るノイズが電灯線通信に重大な影響をあた

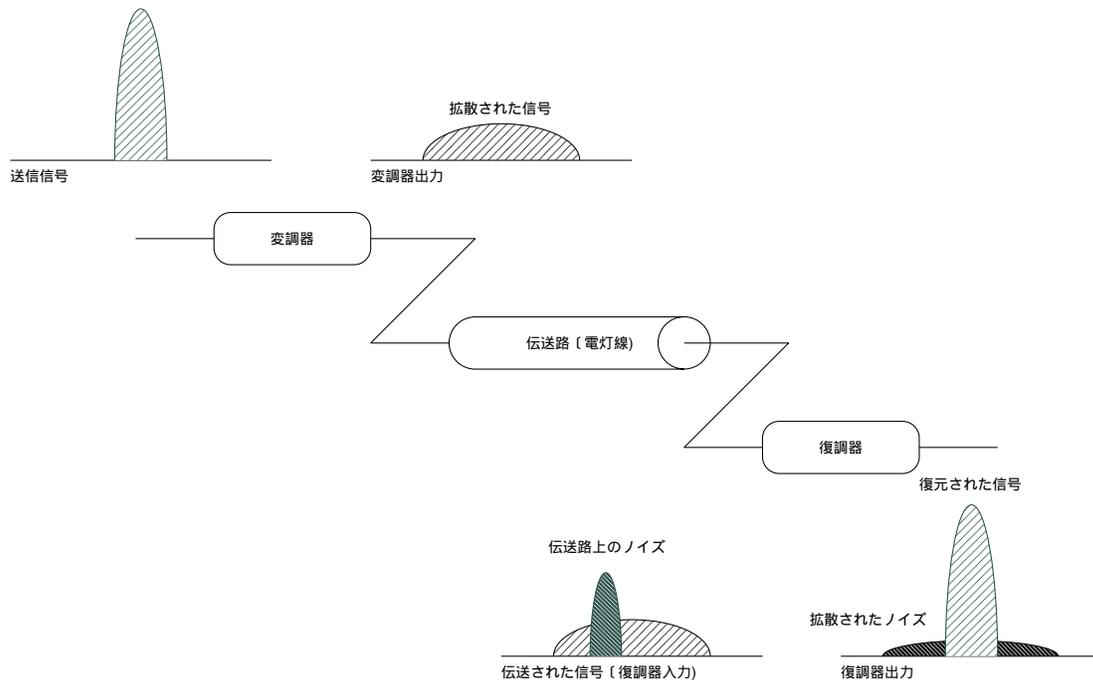


図 A.1: スペクトラム拡散変調方式の原理

える場合がある。一般的には、100 kHz 以下の周波数帯でこれら家電製品のノイズレベルが大きい傾向があり、通信に使用する周波数として、この周波数帯を避けることによりそのある程度の問題の改善を計ることができるが、やはり電灯線通信を考える上ではノイズ対策は避けて通ることが出来ない問題として挙げられる。

ECHONET における電灯線通信では、スペクトラム拡散変調方式をもちいてこの問題を解決している。問題となる伝送路上で混入したノイズは逆拡散によって広帯域に拡散され低レベルになるので、影響を小さくすることが出来る (図 A.1)。

本来の送信信号は伝送路上では広帯域に拡散されて伝送されるため、使用周波数あたりの電力密度が低くなり、ピーク電力を抑えながら高い S/N を得ることが出来る。このことは漏洩による電磁波ノイズを低く抑えることができるので、この面でも有効な変調方式である。また、PN 符号は同じパターンの符号同士のみが通信可能であるため、秘匿性にも優れているということが出来る。

このスペクトル拡散方式を用いた電灯線通信方式は、今後より一層の普及が進むと考えられる。

## A.2 X-10 における電灯線通信技術

X-10 では、電灯線を通信媒体と使用して低速データ通信を実現し、単純な制御コマンドセットを交換することにより X-10 デバイスの遠隔制御を実現する。もともと X-10 デバ

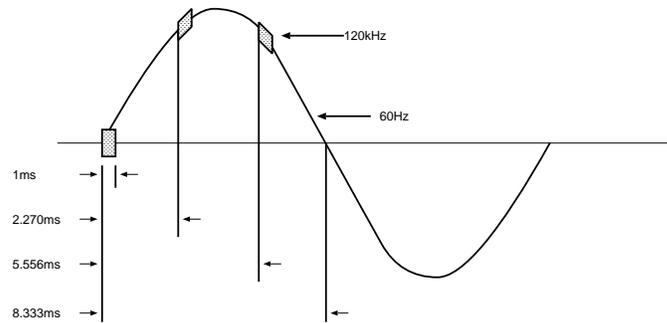


図 A.2: X10 における電力線搬送の方式

イス間の通信には単純なメッセージしか必要がないため、低速な通信路でもその機能を十分に果たすことができる。

### A.2.1 電力線搬送の方式

X-10 における電力線搬送の方式は、60Hz の電力線に対して信号を 120kHz の搬送周波数を使い、電源の 60Hz とタイミングを合わせて搬送するものである。

つまり、伝送速度は 60bps 相当となる。具体的には、電圧が 0 のタイミングで 120kHz の搬送波で変調した信号を 1ms の幅で乗せ、信号が存在すれば 1、なければ 0 と解釈し通信を実現する (図 A.2)。

X-10 におけるフレームのフォーマットを (図 A.3) に示す。X-10 のフレームは 11 bit から構成され以下の項目をもつ。

- Start Code  
符号化されていない 4 bit のデータから構成された記号のスタートを示す部分。
- House Code  
符号化された 2 bit のデータ (実際には 4 bit ) からなる項目。X-10 ネットワークでは、一つのネットワークを複数のサブネットワークに分割し、この各サブネットワークの識別子をつけることによりネットワークを管理しているのが、そのネットワークの識別子を House Code 部に記入し通信を行なう。
- Key Code  
符号化された 5 bit のデータからなる部分。Key Code 部は、X-10 機器のアドレス又は制御命令を示すのに用いられる。Key Code は 4 bit の Data Code 部と 1 bit の Function Code 部から構成される。Function Code 部が 0 の時は、Data Code 部は X-10 デバイスのアドレス (Number) を表し、1 の時は Data Code 部は制御命令を表す。

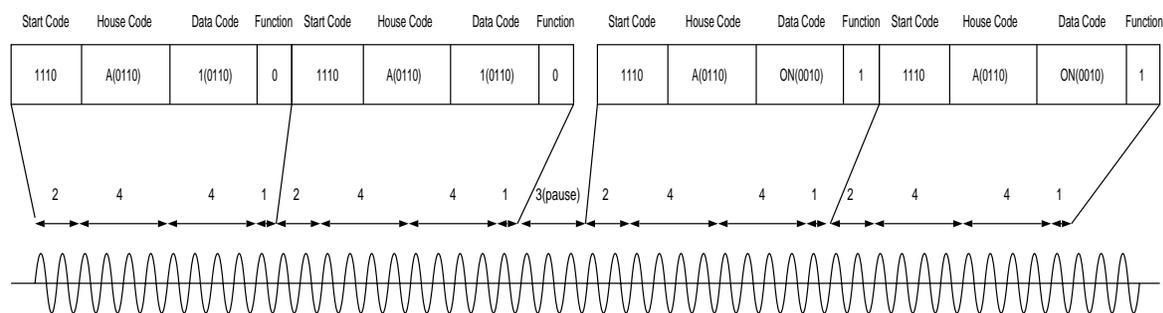


図 A.3: X-10 フレームの例

ノイズ問題に対して、ECHONET のように強固な対策を用いてはいないが、次に示す単純なエラー対策を用いて問題の改善をはかっている。

一つは、60Hz の波の前半サイクルで bit データを、後半のサイクルではその bit の反転したものを送信することにより、そのビットデータのエラー判別を容易にするというものである。つまり、60Hz の波の前半と後半が同じレベルならばエラーであると容易に判断できる。もう一つの方法は、同一フレームを二つ続けて送るというものである。これにより、フレームレベルでの誤り判別を行っている。

ECHONET ではこれら単純なフレームを組み合わせる複数個組み合わせて送信することにより、機器の制御を実現している。

実際の機器制御命令がどのように生成され、伝送されるかについて説明する。先ほど示したように、X-10 フレームには制御命令とアドレスが同時に存在することはない。そのため、X-10 機器 X (House Code = A, Number = 1) に制御命令 ON を送るためには、(アドレス指定の為にフレーム × 2) + (制御命令指定のためのフレーム × 2) = 4 フレームの送信が必要となる (図 A.3)。

### A.3 まとめ

本章では、X-10 と ECHONET における電灯線通信技術の現状調査をおこなった。現状では、電灯線を利用した通信により 60bps から 9600bps のスループットを得ることができることがわかった。これらの通信速度は、映像や音声といった大容量のデータ通信を行うには未だ不十分であるが、単純な機器制御情報を送受信するには十分なものである。よって、本研究で提案するシステムにおける制御機器との通信においても電灯線を通信路として利用することが可能であると考えられる。