卒業論文　　2001年度 (平成13年度)

AV機器の連携による
動的なメディアデータ通信経路生成機構の構築

指導教員

慶應義塾大学環境情報学部

徳田　英幸

村井　純

楠本　博之

中村　修

南　政樹

慶應義塾大学環境情報学部

伊藤 昌毅

卒業論文要旨　　2001年度(平成13年度)

AV機器の連携による
動的なメディアデータ通信経路生成機構の構築

本論文では，AV機器の入出力の接続に必要なAV機器を発見，制御し機器間のAVデータの通信を可能とするミドルウェアであるSmart Connectシステムを提案し，その設計と実装について述べる．

今後普及が見込まれるホームネットワーク環境において，AV機器は機器同士のより自由な組み合わせが要求されるようになる．部屋を越えた機器の協調動作や，AVデータを中継したり変形したりするAV機器の協調動作により，より多様なサービスの生成が可能となる．しかし，現在のAV機器環境では，入出力機器間のAVデータの接続を実現するためには，入力元，出力先のAV機器以外にそれらを中継するるいくつかのAV機器を適切に設定する必要がある．

本研究において提案するSmart Connectシステムは，入力元AV機器に対し，出力先AV機器の名前や特性を指定することで両AV機器間の経路の生成に必要なAV機器を発見，制御し，機器間のAVデータの通信を可能とする．本システムのAPIを用いたアプリケーションにおいては，AVデータの通信に必要な機器の検索や制御を意識しないアプリケーション開発が可能となる．

本システムでは，ホームネットワークのすべてのAV機器にSmart Connectモジュールを置き，各モジュールが対応するAV機器の接続状況に対応しパケットの交換を可能にするSmart Connectネットワークを形成する．Smart Connectネットワーク上で経路検索条件を記述したパケットを交換することで，適切なAV機器の検索を実現している．

本論文では，まずAV機器を分析し，AV機器同士を接続することの必要性や，AV機器接続機構に必要な機能を明らかにする．次に，AV機器接続ミドルウェアであるSmart Connectシステムに必要とされる事項を整理し，設計，実装について述べる．最後に，定量的，および定性的評価を元に，本システムの有効性を実証する．

慶應義塾大学　環境情報学部
伊藤 昌毅

Abstract of Bachelor's Thesis

A Dynamic Media Data Path Generation Structure with A/V Device Cooperation

In this paper, design and implementation of Smart Connect System, a middleware for enabling communication between A/V devices through lookup and operation of appropriate devices, is presented.

In home network environment that is expected to be widely deployed in the near future, A/V devices will be required to cooperate with increasing flexibility. Through cooperation over different physical rooms, or cooperation with devices that relay or transform media data, service of greater variety could be provided. However, in existing A/V device environment, intermediate devices as well as input and output devices need to be appropriately configured, in order to create A/V data path.

Smart Connect System lookup and configure intermediate devices appropriately, when specified to an input device names and parameters of an output device, allowing the two devices to communicate. By utilizing APIs that this system provides, applications can be constructed without taking care of the lookup and configuration of devices.

Smart Connect System places its modules to every A/V device in the home network, and constructs a Smart Connect Network according to physical connection of the A/V devices corresponding to each module. Smart Connect Network allows packet exchange between each module, and by exchanging packets including lookup constraints, the system is able to lookup appropriate A/V devices.

This paper first classify A/V devices in general, and discuss the need for an architecture to connect A/V devices, and explain its requirements. Next, the design and implementation of Smart Connect System is presented. Finally, to illustrate the system's effectiveness, quantitative and qualitative evaluation is shown.

Masaki Ito

Faculty of Environmental Information
KEIO University

目 次

第 1 章　序論 **1**

1.1　本研究の背景 1

1.2　本研究の目的 2

1.3　本論文の構成 2

第 2 章　ホームネットワークと AV 機器 **3**

2.1　AV 機器利用の現状 4

2.1.1　AV 機器の分類 4

2.1.2　AV 機器機能の分類 4

2.1.3　AV 機器の操作手順 5

2.2　ホームネットワーク環境での AV 機器 6

2.2.1　ホームネットワーク 6

2.2.2　AV 機器の多様化 6

2.2.3　広範な AV 機器の協調動作 7

2.2.4　多様な制御主体 7

2.2.5　ホームネットワーク環境における AV 機器の利用 8

2.3　入出力 AV 機器間の経路生成 9

2.3.1　入出力 AV 機器間経路生成手順 9

2.3.2　入出力 AV 機器間の容易な経路生成 9

2.3.3　入出力 AV 機器間の経路生成における問題 11

2.4　本章のまとめ 11

第 3 章　経路生成機構 **12**

3.1　入出力 AV 機器間の経路生成機構 13

3.1.1　経路生成機構の機能 13

3.1.2　経路生成機構の形態 13

3.2　関連研究 14

3.2.1　HAVi 14

3.2.2　STONE 17

3.3　本章のまとめ 18

第 4 章　設計 **19**

4.1　概要 20

4.1.1 設計方針 20
4.1.2 ハードウェア構成 21
4.1.3 ソフトウェア構成 21
4.2 AV 機器接続のモデル化 22
4.2.1 AV 機器のモデル化 22
4.2.2 AV 機器同士の接続 24
4.2.3 Smart Connect ネットワーク 24
4.3 経路検索機構の設計 25
4.3.1 経路検索機構の要件 26
4.3.2 経路検索機構の設計 26
4.4 Smart Connect モジュール 28
4.4.1 AV 機器リソース管理部 29
4.4.2 ライブラリ通信部 30
4.4.3 Smart Connect ネットワーク通信部 30
4.4.4 AV 機器制御部 30
4.5 管理モジュール 30
4.6 ライブラリモジュール 31
4.6.1 API 設計 31
4.7 本章のまとめ 31

第 5 章 実装 **33**
5.1 実装方針 34
5.2 実装の概要 34
5.3 Smart Connect モジュールの実装 34
5.3.1 AV 機器リソース管理部 35
5.3.2 AV 機器制御部 36
5.3.3 Smart Connect ネットワーク通信部 37
5.3.4 データ構造 37
5.4 通信プロトコルの概要 38
5.4.1 AV 機器の表記 39
5.4.2 ライブラリ部と Smart Connect モジュールとの通信 39
5.4.3 管理モジュールと Smart Connect モジュールの通信 40
5.4.4 Smart Connect モジュール間の通信 40
5.5 API の実装 41
5.6 管理モジュールの実装 42
5.6.1 コマンド 43
5.7 サンプルアプリケーション 44
5.7.1 GUI による入出力指定装置 44
5.7.2 ユーザの移動透過的な TV 視聴装置 44
5.8 本章のまとめ 45

第 6 章　評価 **46**
6.1　定量的評価 47
6.1.1　測定環境 47
6.1.2　経路生成時間の測定 47
6.2　定性的評価 48
6.2.1　AV 機器接続機構としての機能の評価 48
6.2.2　利用者に対する利便性 49
6.3　本章のまとめ 50

第 7 章　結論 **51**
7.1　まとめ 51
7.2　今後の課題 51

図 目 次

2.1 現在の AV 機器の模式図 4

3.1 HAVi での AV 機器制御 15
3.2 HAVi におけるストリーム 16

4.1 Smart Connect システム 想定環境 21
4.2 Smart Connect システムソフトウェア構成 22
4.3 AV 機器のモデル化 23
4.4 Smart Connect ネットワーク概念図 25
4.5 Smart Connect モジュール全体図 29

5.1 Smart Connect システムソフトウェア構成 34
5.2 Smart Connect モジュールの構成 35
5.3 AVResourceManager クラス 35
5.4 AVResourceManager 内でのデータ構造 37
5.5 AV 機器名階層図 39
5.6 AV 機器機能の表記方法 39
5.7 端子群名の表記方法 39
5.8 経路生成要求コマンド 40
5.9 経路削除要求コマンド 40
5.10 Smart Connect ネットワークの接続，切断要求 40
5.11 パケット転送の書式 41
5.12 接続要求コマンドの書式 41
5.13 接続要求結果伝達コマンドの書式 41
5.14 SmartConnectLibrary インタフェース 42
5.15 AV_Function クラス 42
5.16 -f オプションを付けた list コマンドの実行結果 43
5.17 connect コマンドの実行結果 44
5.18 gen コマンドの実行結果 44
5.19 ユーザ移動時に呼び出されるメソッド 45

6.1 経路生成時間の測定結果 47
6.2 AV 機器間の経路生成，切断を実現するコード 50

表 目 次

3.1 両端のプラグの接続時にチェックされる項目 17

4.1 AV 端子の属性 25
4.2 メディアデータ出力・記録機能が広告する情報 27
4.3 AV インタフェース上に保持される情報 27
4.4 経路生成要求パケットの中身 28
4.5 経路生成時にアプリケーションが指定する項目 31

6.1 測定環境 47
6.2 定性的評価 48

第1章　序論

1.1　本研究の背景

家庭に普及する家電機器，特に映像や音楽メディアを扱う AV 機器の多様化が著しい．BS，CS といったメディア配信技術の進歩や CD や MD，DVD[2] などのデジタルメディアの普及により，様々な映像や音楽を手軽に家庭内で楽しむことが可能となった．これらのメディアを視聴する状況も多様化し，それにともない様々なメディアデータの出力機器が開発されている．例として，より高画質，高音質で楽しむための大型テレビや多チャンネルスピーカシステム，また，個人で楽しむためのヘッドマウントディスプレイやワイヤレスヘッドホンなどが挙げられる．これらの AV 機器を組み合わせることで，ユーザは多様なメディアを多様な状況で楽しめる．

今後，ホームネットワーク環境の発展に伴い，AV 機器もネットワークに接続されるようになる．多数の AV 機器が接続されるホームネットワーク環境では，より自由な AV 機器同士の組み合わせが実現できる．しかし，ホームネットワーク環境は様々なメディアフォーマットやネットワークアーキテクチャが並存するヘテロジニアスな環境として想定されるため，メディアを受信，再生する AV 機器から出力する AV 機器へ適切にメディアデータを配送するためには，様々な AV 機器に対して適切な制御を加える必要がある．

入出力 AV 機器間のメディアデータ通信経路の生成

再生する AV 機器から出力する AV 機器へ，メディアデータは複数のネットワークアーキテクチャによって接続された，様々な AV 機器を経由することで伝達される．本研究では，この時にメディアデータが通過する経路をメディアデータ通信経路と捉える．メディアデータ通信経路の生成は，メディアの再生やチャンネル設定といった制御を行なう以前に必ず行なわなくてはならない．メディアデータ通信経路を生成するためには，メディアデータを通過させる AV 機器を検索し，それぞれを適切に設定する必要がある．ホームネットワーク環境では，検索の対象となる AV 機器は多数であり，また各機器ごとに設定方法も異なるため，メディアデータ通信経路を生成する操作は非常に困難である．さらに，ホームネットワーク環境では，ユーザだけでなく様々なアプリケーションが AV 機器を制御することも想定され，こうした多様な制御主体に対応する必要がある．

1.2 本研究の目的

本研究において，入力元の AV 機器と出力先の AV 機器を指定することで，入出力 AV 機器間のメディアデータ通信経路の生成を自動的に行う Smart Connect システムを構築する．Smart Connect システムは，各 AV 機器に対応付けられた Smart Connect モジュールが AV 機器同士の接続状況を認識し，入力元 AV 機器と出力先 AV 機器を指定した接続要求に対し，入出力 AV 機器間の経路生成に必要な AV 機器を検索し，各 AV 機器を制御することで AV 機器間の経路の生成をを実現する．出力先 AV 機器の指定には，名前を指定する他，名前を特定せず接続品質やホップ数といった検索方針のみによる指定も可能とする．

本機構の提供する API を利用することで，ホームネットワークに接続された AV 機器を活用するアプリケーションの開発が容易になる．アプリケーション開発者は，入出力 AV 機器間の経路を生成する際の AV 機器の検索や制御を考慮せずに入出力 AV 機器の組み合わせを記述できるので，様々な AV 機器を利用した，ユーザに多様なサービスを提供するアプリケーションを容易に開発できる．

1.3 本論文の構成

本論文の構成は，第 2 章で現在の AV 機器を分類し，その利用手順の分類から AV 機器接続機構の必要性を述べる．第 3 章で AV 機器接続機構の機能を整理し，関連研究を整理する．第 4 章では，本研究において実現する Smart Connect システムの設計を述べ，第 5 章で実装を説明する．第 6 章において評価を行なう．最後に，第 7 章において，本論文のまとめと今後の課題について述べる．

第2章　ホームネットワークとAV機器

本章ではまず，現在家庭で利用されているAV機器を分類し，その利用手順を分析することでメディアデータを再生する前に複雑な手順が存在することを明らかにする．次に，今後考えられるホームネットワーク環境においてさらに複雑な手順が要求されていることを示す．最後に，その手順を簡略化する様々な試みの問題点を明らかにする．

2.1 AV 機器利用の現状

本節では，現在家庭で利用されている AV 機器を複数の機能の集合と捉え，各機能を分類する．そして，その利用方法を分析する．AV 機器を複数の機能の集合とみなすモデルを提示し，機能がメディアデータ生成機能，出力機能，中継機能に分類されることを示す．次に，AV 機器の利用する際の手順を 3 段階に分類し，AV メディアを制御する前に，入出力 AV 機器間の経路を生成する必要があることを示す．

2.1.1 AV 機器の分類

本論文において，AV 機器とは，映像，あるいは音声データを扱う機器の総称とする．家電機器のみでなく，マルチメディア機能を備えた PC などもその対象となる．現在の AV 機器は，TV モニタやビデオ，DVD プレーヤなど映像，音声信号の生成や表示，変形など様々な機能を持った AV 機器にコンポーネント化されており，様々な種類の AV 機器を組み合わせて利用されている．AV 機器同士を相互接続することによって，新たなメディアフォーマットの登場などにも柔軟に対応する．例えば，TV モニタに CS チューナを接続することで新たに CS 放送の受信が可能となるなど，新たなメディアへ容易に対応できる．このような目的のために，現在の TV モニタには多くの入力端子が備えられていて，内蔵されたセレクタで各入力を切り替えるようになっている．

本論文では，今後 AV 機器を複数の機能の集合体と見なす．図 2.1 に，AV 機器を機能の集合体と見なした例を示す．ここで示した AV 機器内の各機能を，今後 **AV** 機器機能と呼ぶ．AV 機器機能の間でメディアデータを交換することで，複数の AV 機器が協調し動作する．

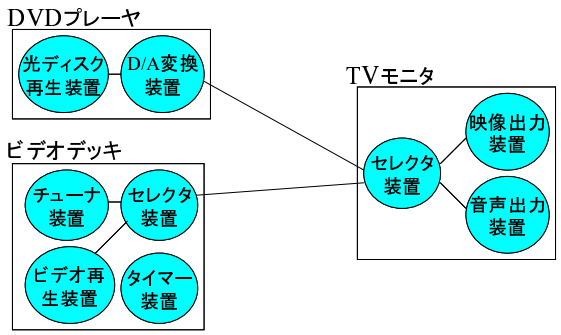

図 2.1: 現在の AV 機器の模式図

2.1.2 AV 機器機能の分類

以下に，AV 機器機能を大きく 3 つに分類する．

- メディアデータ生成機能

  メディアデータ生成機能は，様々なメディアから映像，音声信号を取り出してメディアデータとして出力する機能である．ビデオテープの磁気信号を読み取るビデオ再生装置や，レーザ光を用いてCDやDVDなど光ディスクを読み取る光ディスク再生装置，電波から映像，音声信号を得るTVチューナ装置などが相当する．本機能を備えたAV機器を，入力元AV機器と呼ぶ．

- メディアデータ出力・記録機能

  メディアデータ出力・記録機能は，メディアデータを視聴覚信号に変換する機能である．映像信号を表示する映像出力装置や，音声を再生するスピーカやヘッドホンといった音声出力装置，また映像を記録するVTR装置などが挙げられる．本機能を備えたAV機器を，出力先AV機器と呼ぶ．

- メディアデータ中継・変換機能

  メディアデータ中継・変換機能は，映像，音声信号を中継・変換する機能である．メディアデータの入出力を両方備え，入力されたメディアデータが何らかの形となって出力側に出力される．図中からは，セレクタ装置やデジタル音声信号をアナログ音声信号に変換するD/A変換装置が挙げられる．圧縮された音声や映像を展開する機能，アンプにより増幅する機能，メディアデータをTCP/IPネットワークへ流すソフトウェアや，赤外線やIEEE802.11を利用し，AVデータを無線で伝送するシステムなども相当する．

2.1.3 AV機器の操作手順

本節では，AV機器の操作手順について分析する．AV機器は，音楽やビデオなどのAVメディアを視聴，観賞する際に利用される．その際の操作手順を以下に示す．

1. AV機器間の配線操作

   新規に購入したAV機器をTVなどと結線する操作．AV機器同士の映像，音声信号の交換を実現するために行う．多くの場合，アナログケーブルが用いられ，映像や音声の左右のチャンネルごとに別のケーブルが用意されている．接続時には，入力端子と出力端子の違いなど適切な配線に注意する必要がある．ヘッドホンの接続のように，利用時に頻繁に結線が行われる場合もある．

2. 入力元AV機器と出力先AV機器間の経路生成

   利用するAV機器の電源を入れ，各機器のセレクタなどを設定することで入力元AV機器から出力される信号が出力先AV機器へ適切に配送されるように設定する．本操作を，今後入力元AV機器と出力先AV機器間のメディアデータ通信経路生成，または単に経路生成と呼ぶ．一体型のAV機器では自動化されている場合もあるが，入出力AV機器以外に，中継に用いるAV機器の設定が必要な場合

もあり，その場合は経路生成に必要な AV 機器を発見して，それぞれを適正に設定する．

3. AV メディアへの操作

   再生や録音といった，AV メディアに対する制御を行う．また，利用者の好みに応じて，音量や画質調整，サラウンドの設定など，AV メディアを鑑賞する際の様々な属性を設定，変更する．

手順 1 は，主に購入時の一回のみに必要とされる手順である．AV 機器を利用するためには，あらかじめ機器を適切に配線する必要がある．手順 2 は，AV メディアの操作以前に入力元の AV 機器と出力先の AV 機間の経路を生成する必要があることを示している．実際に AV メディアを操作するのは，手順 3 においてである．

2.2 ホームネットワーク環境での AV 機器

本節では，まずホームネットワーク環境を定義する．次に，ホームネットワーク環境で実現されるサービスを，AV 機器の多様化，AV 機器協調の実現，多様な制御主体の登場という観点から考察する．

2.2.1 ホームネットワーク

本論文において，ホームネットワーク環境とは，AV 機器など様々な家電機器が計算能力を持ち，ネットワークに接続された環境とする．ホームネットワーク環境では，家電機器をネットワーク経由で別の家電機器から制御したり，ネットワークを介してメディアデータを通信することが可能となる．さらに高度なミドルウェアを導入することで，家電同士の協調動作なども実現できる．

ホームネットワークで AV 機器同士を接続するネットワークアーキテクチャとしては，IEEE1394[1] や Ethernet，電力線 [3] や各種のアナログケーブルなど，ヘテロジニアスなネットワークアーキテクチャが考えられる．特に IEEE1394 は，制御に利用するメッセージだけでなく，映像や音楽のメディアデータの転送を，リアルタイムで転送することが可能である．また，特定のマスタを必要としないアーキテクチャのため，接続された機器の自由な抜き差しが可能である．このため，今後の AV 機器同士の接続の主流となると考えられる．一方で，コストや，従来の AV 機器との互換性といった問題から，現在使われている様々なケーブルも当分の間併用されると思われる．

2.2.2 AV 機器の多様化

現在，AV 機器が対応するメディアは，CD や DVD などの光ディスク，衛星放送や地上波の電波メディアを利用した TV，ラジオチューナなどがある．今後は，インター

ネットを利用した音声や映像配信受信装置の登場が考えられる．また，HDD に保存された MP3 形式の音楽ファイルといった，ストレージに保存されたメディアを再生する装置の登場も考えられる．このような多様化する AV メディアに対応するために，新しい入力元 AV 機器の登場が見込まれる．

また，より多様な状況で映像や音楽を楽しむことを可能にするために，出力先 AV 機器の多様化が考えられる．TV モニタの大画面化やフラット化，高画質化といった，AV 機器の利用者ががより迫力のある映像視聴を楽しむことを実現する進化の他，より多様な環境における AV 鑑賞を実現する，小型，軽量化した AV 機器の充実も予想される．このように，映像や音楽のより多様な楽しみ方を実現するために，出力先 AV 機器の多様化が予想される．

2.2.3 広範な AV 機器の協調動作

ホームネットワークを利用し，空間的な制約を越えた機器の協調動作や資源の共有が可能となる．

遠隔 AV 機器の利用

あるメディアに対応する機器がホームネットワーク内に一つしかない場合でも，ホームネットワーク内のすべての TV モニタからそのメディアの再生画像を視聴できるなど，AV 機器同士を空間的な制約を越えて協調動作させることが可能となる．

メディア資源の共有

ホームネットワーク内に，多数の映像，音楽データを保持したストレージを設置し，ホームネットワークに接続されたすべての AV 機器から同一のメディアデータにアクセスするといった利用が考えられる．

2.2.4 多様な制御主体

現在，AV 機器は主にユーザからの明示的な操作によって動作している．ホームネットワーク環境における様々なアプリケーションを利用することにより，タイマやセンサなど環境情報やユーザ情報などに基づいた AV 機器の制御が実現する．

個人情報を利用したサービス

ネットワークに接続されたデータベースに管理された個人の要求や嗜好に基づき，個人に適応するサービスの提供が可能となる．ラジオのスイッチを入れるだけで，個人の機器の利用履歴から分析されたお気に入りのジャンルの曲が流れる放送局にチュー

ニングされる，などといったことが可能になる．

センサを利用した環境適応的なサービス

センサから取得した情報を元に，AV 機器を制御するミドルウェアが考えられる．部屋の騒音などから自動的に音量を決定するなど，環境情報を活用したサービスの提供や，ユーザの移動を検知し，移動した先の部屋のディスプレイに DVD の出力を切替えるといった，ユーザの位置や状態に基づいた AV 機器の制御などが考えられる．

2.2.5 ホームネットワーク環境における AV 機器の利用

ホームネットワーク環境での AV 機器の利用手順は，現在の AV 機器の利用と同様，AV 機器間の配線操作，入力元 AV 機器と出力先 AV 機器間の経路生成，AV メディアの制御，調整 という手順を踏む．その際，入力元 AV 機器の多様化や出力先 AV 機器の多様化，ネットワークを利用した広範な機器利用の実現により，入出力機器間の経路生成は現在の AV 機器に比べて飛躍的に複雑になることが予想される．様々な AV 機器を中継した，入出力 AV 機器間の複雑な経路の例を以下に示す．

複数のネットワークアーキテクチャを経由した経路

DV ビデオのデータを一旦 TCP/IP ネットワークへ流し，遠隔の出力先 AV 機器に AV データを出力するといった利用や，無線ネットワークを介してポータブルデバイスにメディアデータを出力するなど，複数のネットワークアーキテクチャを経由することで遠くはなれた AV 機器間の経路を生成する．

このような経路の実現には，複数のネットワークアーキテクチャ間でメディアデータを変換する機器が必要である．そのような変換機能を持った AV 機器を仲介させて入出力 AV 機器間の経路生成を実現する．

メディアデータに対する変化や効果

デジタル技術を応用し，音楽データや映像データに効果を加えることで，迫力のある映像や音楽を実現したり，音楽からボーカルを取り除いてカラオケを生成するなど，メディアデータに変化を加える機能を持った AV 機器がある．このような機器を利用した，多様な映像，音楽観賞を実現するためには，メディアデータ通信経路がをこうした機器を経由する必要がある．

多様なメディアフォーマットへの対応

デジタル技術の進歩により，今後も様々なフォーマットや圧縮形式の登場が予想される．メディアデータ生成機能から出力されるデータフォーマットに出力機器が対応していない場合，データフォーマットを変換する機器を経由し，出力先 AV 機器が対応するデータに変換する必要がある．

2.3 入出力 AV 機器間の経路生成

前節までにおいて，AV 機器の利用には AV メディアに対する制御以前に入出力 AV 機器間の経路生成が必要であることを示した．また，今後のホームネットワーク環境では，より複雑な入出力 AV 機器間の経路が要求されることも示した．

本節では，まず AV 機器間の経路生成手順を詳細に分析する．次に，現在の AV 機器において入出力 AV 機器間の経路生成の負担を軽減する工夫を挙げ，それらが今後のホームネットワーク環境においては不十分であることを示す．

2.3.1 入出力 AV 機器間経路生成手順

以下では，入出力 AV 機器間の経路生成の手順の詳細を示す．

1. 機器の発見

   入出力 AV 機器間の経路生成には，入力元 AV 機器，出力先 AV 機器以外に，AV メディアデータの中継に複数の AV 機器を必要とする場合がある．これらの機器を特定する必要がある．

2. 機器の設定

   入出力 AV 機器間の経路を生成するため，必要な AV 機器を適切に設定する必要がある．各機器の電源やセレクタなどを設定する．その際，設定方法だけでなく，設定する順序やタイミングにも注意が必要である．

2.3.2 入出力 AV 機器間の容易な経路生成

現在の AV 機器では，主としてユーザの直接的な操作によって制御されている．現在行なわれている，前述の手順の簡略化の工夫と，ホームネットワーク環境での問題点を述べる．

ケーブルの色分け

AV 機器同士を接続するケーブルを色分けし，映像信号や左右の音声信号を伝達するケーブルをそれぞれ区別できるように工夫されている．しかし，入力端子間を接続

する可能性を排除できないなど，入出力の差異を明示する工夫はされておらず，また多数の接続端子を持った AV 機器では，どこに接続するかの判別は依然として困難である．

IEEE1394 による配線の簡便化

IEEE1394 を利用することで，AV 機器間を単一のケーブルで接続することが可能になる．IEEE1394 では，一本のケーブルの接続で AV 機器同士を接続できるので，入出力の差異や映像，音声の差異を考慮する必要がない．今後 AV 機器同士を接続するケーブルの主流になることが予想されるが，現在のところ IEEE1394 端子を採用した AV 機器は限られており，また採用されている場合も，アナログケーブルの補間的な利用におわっていることが多い．

制御装置の統一

様々な AV 機器を 1 台のリモコンで制御できる集中リモコンを用い，多くの AV 機器の集中操作を可能とすることで，ユーザがどの機器に対し制御をするか考慮しない操作を実現している．リモコンから発せられる赤外線信号が拡散することを利用している場合の他，単一の機器が受光部を持ち，その AV 機器が他の AV 機器に制御信号を転送する機構を設けることで，制御装置の統一を実現している例もある．

赤外線方式では，AV 機器が赤外線の到達範囲に存在することを前提としており，広範な機器利用を前提としたホームネットワークでの利用は困難である．また，制御信号転送機構の場合，特定のベンダの方式に依存しており，多様な機器の協調動作を行なうホームネットワークでは利用できない．

AV 機器による他の AV 機器の制御

ビデオの録画ボタンとチューナの制御や，ビデオデッキの再生操作と TV のセレクタ切替など，複数の機器を同時に制御することが必要な操作は少なくない．AV 機器による他の AV 機器の制御では，ユーザが，同時に他の機器を制御する必要のある操作をした際に，ユーザが操作した AV 機器が他の AV 機器も同時に制御することで複数機器にわたる操作の必要性を軽減している．この方法は，ユーザの操作を引金とするだけでなく，VTR での CS 放送の録画のような，ある AV 機器に備えられたタイマによって複数の AV 機器を同時に作動させる際にも用いられている．

このような制御を実現する機構としては，専用の制御用ケーブルによる接続や，赤外線リモコンのコマンドを発する装置を AV 機器に接続し，制御対象機器の赤外線受光部付近へ設置する赤外線マウスなどが用いられている．しかし，この方法では対象とすることができる AV 機器の種類やベンダーが限られてしまう上，多くの機器が制御機器や制御対象機器になりうる複雑な協調動作は実現できない．

マクロリモコン

複数の制御コマンドを順次発行するリモコンを利用し，操作手順を簡略化する試みが行なわれている．しかし，リモコンの赤外線の到達範囲にある AV 機器しか制御でず，登録した手順しか再現できないなど，柔軟性に欠ける．

2.3.3 入出力 AV 機器間の経路生成における問題

前述のように，入力元 AV 機器と出力先 AV 機器間の経路生成は複雑で，現在その手間を軽減するために様々な工夫が行なわれている．このうち，配線の複雑さに関しては今後 IEEE1394 の普及により解決の方向に向かっていくことが考えられる．しかし，AV 機器を発見し，制御する部分に関しては，より複雑化することが考えられ，さらに現在行なわれている解決方法はホームネットワーク環境では利用できない．そのため，入出力 AV 機器間の経路生成を支援する機構が必要とされる．

2.4 本章のまとめ

AV 機器は，その機能によりメディアデータ入力機能，メディアデータ出力・生成機能，メディアデータ中継機能に分類される．AV 機器利用者は，AV 機器の利用に当たって，1)AV 機器間の配線操作，2) 入力元 AV 機器と出力先 AV 機器間の経路生成，3)AV メディアの操作 という手順を踏む．

今後のホームネットワーク環境においても，こういった分類や手順は同様であるが，AV 機器の多様化やより広範な AV 機器同士の連携のために，特に入力元 AV 機器と出力先 AV 機器間の経路の生成が複雑化することが考えられる．入出力 AV 機器の経路生成を簡略化する試みは現在すでに行なわれているが，現在の試みはホームネットワーク環境にそのまま適応することは不可能である．

次章では，本章で必要性が明らかになった入出力 AV 機器間の経路生成を支援する機構を分析し，関連研究を述べる．

第3章　経路生成機構

本章では，入出力 AV 機器間の経路生成機構について述べる．まず，経路生成機構の機能を整理し，本研究ではミドルウェアの形態で経路生成機構を実現することを示す．次に関連研究を挙げ，入出力 AV 機器間の経路生成機構の機能という観点から分析する．

3.1 入出力 AV 機器間の経路生成機構

本節では，ホームネットワークにおいて複雑化する入出力 AV 機器間のメディアデータ通信経路の生成を支援する，入出力 AV 機器間の経路生成機構について検討する．なお，以下では単に経路生成機構と表記する場合もある．

3.1.1 経路生成機構の機能

経路生成機構に必要とされている機能を，以下に述べる．

簡易性

入出力 AV 機器間の経路を生成する際に，入出力 AV 機器の指定のみで AV 機器間の経路生成を実現することを，簡易性と呼ぶ．経路生成機構は，経路生成に必要な AV 機器の発見や設定と行った手順を隠蔽し，AV 機器の結線状態やデータフォーマットを，AV 機器接続機構の利用者に考慮させずに入出力 AV 機器間のメディアデータ通信経路の生成を実現する必要がある．

堅牢性

AV 機器同士の接続を中継している AV 機器の障害など，AV 機器の状態の変化に対し，入出力 AV 機器間の通信を継続させることを堅牢性と呼ぶ．経路生成機構は，AV 機器の障害や新たな AV 機器の接続などにより AV 機器間の通信が中断されたときに，利用者に意識させずにその通信を継続する必要がある．

拡張性

拡張性とは，様々な制御方法や接続方式である AV 機器の新規接続や取り外しに対応し，AV 機器同士の接続を実現することである．特定の AV 機器制御方法や接続方法に依存せず，様々な AV 機器の混在した環境に対して AV 機器間の経路生成を実現する必要がある．

3.1.2 経路生成機構の形態

入出力 AV 機器間の経路を生成する機構には，AV 機器自体の機能として組み込む方法，アプリケーションとして実現する方法，ミドルウェアとして他のアプリケーションと連携を前提に実現する方法などが考えられる．本研究では，ミドルウェアとして経路生成機構を実現する．様々な接続方法や制御方法の AV 機器へ柔軟に対応できる他，ホームネットワーク環境でのアプリケーションとの協調動作が容易だからである．

3.2 関連研究

本研究では，入出力 AV 機器間の経路生成を実現する関連研究として，本研究と同様にミドルウェアとして実現しているものを挙げる．なお，必ずしも AV 機器に特化してはいないが，AV 機器に適応可能な STONE も，関連研究に取り上げる．

3.2.1 HAVi

HAVi(Home Audio/Video Interoperability)[4] は，1996 年にソニー，フィリップスによって検討がはじまり，その後東芝，松下，日立，シャープ，トムソン，グルンディッヒも加わり仕様が策定された．2000 年 1 月にバージョン 1 が，2001 年 5 月にバージョン 1.1 の仕様書が発行されている．

HAVi では，様々な家電機器が接続されたホームネットワークを分散コンピューティングネットワークととらえ，ベンダーの垣根を越えた協調動作を実現するアプリケーションの開発を可能とするために機器を利用するための API を規定している．HAVi では，特に IEEE1394 ネットワークに接続された AV 機器を対象としている．

HAVi における AV 機器

HAVi において，AV 機器は以下に示す 4 つに分類され，それぞれ以下のような特徴を持つ．

- Full AV Device (FAV)

  HAVi において定義されているすべてのソフトウェアエレメントを持つ．Java の実行環境を持ち，他の機器からアップロードされたバイトコードを利用して制御することができる．セットトップボックスやデジタルテレビ，家庭用 PC などが想定されている．

- Intermediate AV Device (IAV)

  FAV よりも限られたリソースを持ち，コストもかからない．Java 実行環境を持たないが，低レベルの方法により他のデバイスの制御を可能である．

- Base AV Device (BAV)

  商業的な理由，もしくはリソース的な理由により，制御されることはできても HAVi のソフトウェアを実行することができない機器．Java バイトコードをアップロードすることで FAV より制御されたり，低レベルな手段を用いて LAV から制御される．

- Legacy AV Device (LAV)

HAVi 非対応の機器．多くの場合，単純な制御コマンドのみを備える．FAV もしくは LAV がゲートウェイとして制御コマンドを変換することで，HAVi 対応の機器と協調動作が可能となる．

HAVi における機器制御

HAVi による機器制御は，FAV，または IAV 上で行なわれる．特に FAV は，Java の実行環境を備え，HAVi で定義された API を利用した AV 機器制御アプリケーションの実行が可能である．

図 3.1 に，HAVi での機器制御を示す．

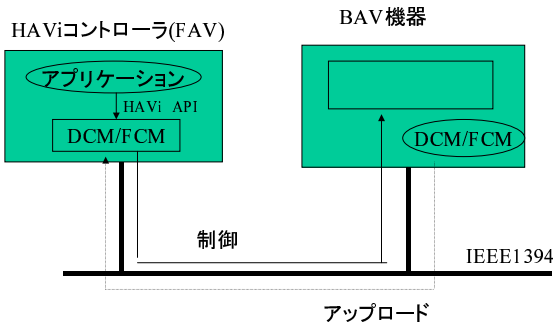

図 3.1: HAVi での AV 機器制御

HAVi において，AV 機器は機器全体 (Device) と機器に含まれている機能要素 (Functional Component) に分けて考えられている．

HAVi におけるストリーム管理

HAVi では，Stream Manager によってメディアデータのコネクションが管理されている．Stream Manager は，すべての FAV デバイスと一部のの IAV デバイス上で動作し，Stream Manager が動作しているデバイス上からのみ呼び出すことができる．Stream Mnager の提供するコネクションは，AV 機器間ではなく FCM の持つプラグ間で接続され，1 対 1，あるいは 1 対多のコネクションが可能である．図 3.2 に，HAVi におけるストリームの概要を示す．

Stream Manager は，以下の機能を持つ．

- 機器内の FCM 間の接続である内部コネクションと，機器間の接続である外部コネクションの設定
- トランスポートシステム資源の要求や解放
- HAVi 対応機器同士の接続情報の提供

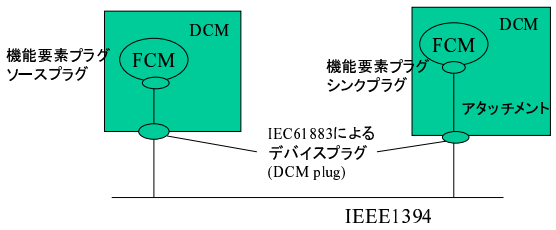

図 3.2: HAVi におけるストリーム

- 接続の際の，プラグ間での接続可能性のチェック
- ネットワークリセット後の接続状態の再構築

Stream Manager によるコネクションは，AV 機器間ではなく AV 機器の持つ機能 (FCM) に機能要素プラグという情報を持たせ，機能要素プラグ間で設定される．Stream Manager では，IEEE1394 上で AV 機器同士がメディアデータを交換する際の規格である IEC61833 を主に利用し，AV 機器同士の接続を実現する．IEC61883 による接続が，AV 機器の持つデバイスプラグ間の接続であるのに対し，Stream Manager では，デバイスプラグと機能要素プラグの間にさらにアタッチメントと呼ぶ通信経路を想定し，デバイスプラグ間の通信経路である外部コネクションとアタッチメントを利用することで機能要素プラグ感の接続を表現している．デバイスプラグ間の接続には，IEC61883 の他にケーブル接続も想定されている．しかし，詳細に関してはベンダ依存となる．

ストリームマネージャの特徴

Stream Manager は，IEEE1394 のバスリセットに対応し，バスリセット後にも接続状態を継続させる機能を持つ．

新たな AV 機器が接続された際には，バスリセットが起こりそれを元に Stream Manager が接続状態を検知する．

また，実装に関してはベンダ依存で，HAVi と従来の接続方法や制御方法の両方に対応したゲートウェイが必要になるが，従来のアナログケーブルなど IEEE1394 以外の接続方法や制御方法も考慮されており，拡張性も確保されていると考えられる．

HAVi のストリーム管理の問題点

HAVi の Stream Manager は，接続要求があったソース FCM プラグ，シンク FCM プラグの間で，図 3.1 に示した項目のチェックを行なう．

接続要求が出された両端のプラグの接続が不可能な場合，Stream Manager は接続不可と判断する．そのため，HAVi を利用したアプリケーションを開発する際には，利用する AV 機器がどのようなメディアに対応しているのか考慮する必要がある．これは，ホームネットワーク環境によって異なることが考えられる．

表 3.1: 両端のプラグの接続時にチェックされる項目

項目	内容
トランスポートタイプ	トランスポートタイプが適正か
方向	入力と出力が正しく指定されているか
ストリームタイプ	ストリームタイプが一致するか
帯域	ソースポートより出力される帯域がシンクポートが受け入れ可能な帯域以下か
転送フォーマット	転送フォーマットが一致するか

前章で示したように，AV 機器間の接続は，両端の機器以外に中間にいくつかの機器をはさむことで可能となる例が少なくない．このような場合の AV 機器の検索がアプリケーションに委ねられており，接続における簡易性の実現は不十分であるといえる．

3.2.2 STONE

STONE[7][6] は，東京大学において研究されている，ネットワーク上に分散されたリソースを接続することでサービスを合成するシステムである．STONE は，特定の分野や用途を想定せず広くサービスの合成を目指しているが，サービス同士の接続により，新たなサービスの生成を実現しており，この点で AV 機器の接続と比較することが可能である．

STONE では，機能をリソースのを単位として，動的なサービス提供を実現している．メタデータを処理するネーミングシステムでリソースを管理し，移動透過性，負荷分散，対障害性保証などを実現している．

サービスグラフとサービスレゾルバ

STONE では，XML により記述されたサービスグラフに，サービスの合成要求を記述し，それをサービスレゾルバと呼ばれる機能ユニットを管理，合成する機構に渡して機能ユニットの接続によるサービス合成を実現する．サービスレゾルバは分散して配置され，それぞれのサービスレゾルバの相互接続によってサービスレゾルバネットワークを生成し，スケーラビリティを確保している．サービスレゾルバネットワーク内でサービスの合成要求を記述したパケットを交換することで，サービスの合成を可能としている．

スタティックサービス合成モデル

ユーザは，アプリケーションを通じ，機能ユニットの接続関係を記述したサービスグラフを，サービスレゾルバネットワークに渡す．サービスレゾルバネットワークにおいて，サービスグラフの記述に適した機能ユニットを順次検索し，操作することで機能ユニット同士を接続してゆく．機能ユニットの障害が発生した時は，障害の発生を，検知した機能ユニットやサービスレゾルバによってアプリケーションに通知され，再び機能ユニットの検索と接続が行なわれる．

AV 機器への応用

AV 機器を機能ユニットとして記述することで，STONE を利用して AV 機器同士の接続が可能である．スタティック合成モデルにおいては，機能ユニット間の接続形態は特に規定されておらず，既存の AV 機器も含めた AV 機器同士の接続に応用可能であると考えられる．

STONE の問題点

STONE では，機能ユニットにインタフェースを設定し，機能ユニット同士の接続可能性をインタフェース名の一致により保証している．複数の機能ユニットを介在させたサービス合成は可能であるが，接続に必要な機能ユニットをすべて記述する必要があり，サービスグラフに記述された機能ユニット同士が直接接続できない場合，自動検索することは考慮されていない．

3.3 本章のまとめ

本章では，まず入出力 AV 機器間の経路生成機構の機能を整理した．経路生成機構には，簡易性，堅牢性，拡張性が求められることを明らかにした．次に，関連研究として HAVi と STONE を挙げ，それぞれに対し，経路生成機構の機能という点から検討を加えた．

次章では，本章で明らかになった入出力 AV 機器間の経路生成機構の機能に基づき，本研究で実現する Smart Connect システムの設計について述べる．

第4章　設計

本章では，入出力AV機器間の経路を生成する機構である，Smart Connect システムの設計について述べる．

まず，Smart Connect システムの設計の概要について述べ，本システムの設計で利用しているAV機器やAV機器同士の接続のモデル化について説明する．次に，AV機器同士の接続のモデルを反映した，入出力AV機器間の経路生成の際のAV機器の発見，制御機構の設計について述べる．そして，Smart Connect システムを構成する各ソフトウェアについて詳細を検討する．最後に，本システムが提供するAPI の設計を説明する．

4.1 概要

本節では，Smart Connect システムの設計方針とハードウェア構成，ソフトウェア構成を示す．

4.1.1 設計方針

本研究では，AV 機器間のメディアデータ通信経路を生成する機構である，Smart Connect システムを構築する．Smart Connect システムは，AV 機器を利用するユーザやアプリケーションが，メディアを再生する入力元 AV 機器と，出力先 AV 機器の名前や接続条件といった検索条件を指定することで，入出力 AV 機器間の経路生成に必要な AV 機器を検索，設定して，メディアデータの通信を実現する．本システムは，以下のような特徴を備える必要がある．

アプリケーションから透過的な利用を可能とする API の提供

アプリケーションプログラマに対し，入力元機器，出力先機器のみを指定することで，入出力 AV 機器間の経路生成を行える API を提供する．AV 機器を利用するアプリケーションから，メディアを再生する入力元の AV 機器，及び出力先 AV 機器の名前や接続状態といった検索条件を指定することで，本システムが入出力 AV 機器間の経路生成を実現する．アプリケーションが入力元の AV 機器のメディアに対して制御を行なうだけで，出力 AV 機器上で AV メディアを観賞できる．

AV 機器の接続状態反映する Smart Connect ネットワークの管理

Smart Connect システムでは，各 AV 機器に対応して Smart Connect モジュールが置かれる．Smart Connect モジュールは，AV 機器同士の接続に対応する形で，パケットの交換を行なう **Smart Connect ネットワーク** を生成する．Smart Connect ネットワークは，常に AV 機器同士の接続状態が反映されるように管理される．

パケット交換のみによる協調動作

他のアプリケーションやミドルウェアによって利用されるため，本システムは外部の管理ツールをなるべく不必要とし，自律的に動作することを目指す．この目的ため，本システムの動作は Smart Connect モジュール同士のパケット交換のみにより実現する．パケットは Smart Connect ネットワーク上で交換され，パケットの内容に応じて AV 機器の検索や制御を行なう．Smart Connect ネットワークが，AV 機器の接続状況や利用状況，接続ケーブルの種類や品質といった情報を反映することで，これらの情報を利用した AV 機器の検索を可能とする．

様々な AV 機器制御方法への対応

AV 機器の制御は，赤外線による制御や，IEEE1394，RS-232C による制御など，様々な方式が存在する．本システムでは，こういった様々な制御方式に対応するモジュールを用意し，拡張性を実現する．

4.1.2 ハードウェア構成

図 4.1 に，本システムのハードウェア構成を示す．

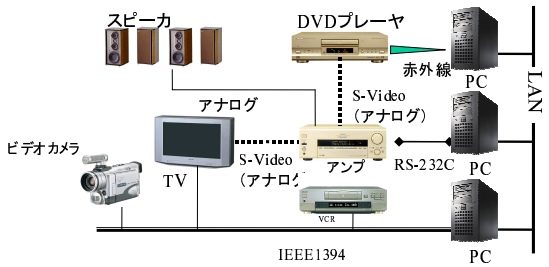

図 4.1: Smart Connect システム 想定環境

本システムは，AV 機器とそれらを制御する PC により構成される．AV 機器同士は，様々なネットワークアーキテクチャを利用してメディアデータを交換している．PC は，それぞれが IP ネットワークに接続されており，IEEE1394 や赤外線，RS-232C などを利用して AV 機器の制御が可能である．

AV 機器がメディアデータを交換するネットワークを，以降 **AV** メディアネットワークと表現する．AV メディアネットワークは，映像，音楽信号の転送に用いる様々なネットワークを想定しており，各種のアナログケーブルや IEEE1394 など，アーキテクチャを限定しない．

4.1.3 ソフトウェア構成

Smart Connect システムは，各 AV 機器に対応づけられた Smart Connect モジュールと，各モジュール同士の接続状況を設定する管理モジュール，アプリケーションが利用する API 提供部から構成される．図 4.2 に，全体のソフトウェア構成図を示し，説明する．

Smart Connect モジュール

Smart Connect モジュールは，AV 機器の制御が可能な計算機上で動作する．本モジュールは AV 機器ごとに置かれ，AV 機器制御，Smart Connect ネットワーク管理を

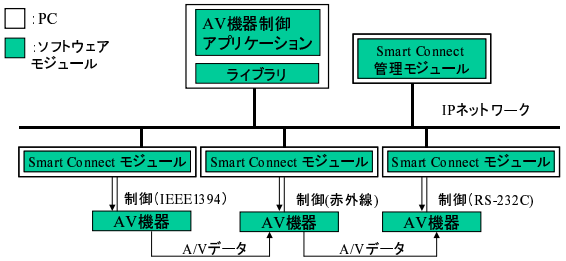

図 4.2: Smart Connect システムソフトウェア構成

行う．また，Smart Connect モジュール同士のパケット交換による自律分散的な協調動作により，AV 機器の検索や制御を行ない，入出力 AV 機器間の経路生成を行なう．

Smart Connect 管理モジュール

Smart Connect 管理モジュールでは，Smart Connect モジュール間の接続状況の管理を行う．ソフトウェア的に検知が不可能な AV 機器間のアナログ接続を，本モジュールを通じて SmartConnect モジュールに通知する．本モジュールを通じた操作により，Smart Connect ネットワークが AV 機器同士の接続状況を反映することを可能とする．

ライブラリモジュール

本システムを利用するアプリケーションが利用するモジュール．入出力 AV 機器間の経路生成のための API を提供し，Smart Connect モジュールと通信することで，アプリケーションが本システムを利用することを可能にする．

4.2 AV 機器接続のモデル化

Smart Connect モジュール同士は，AV 機器同士がメディアデータを交換するネットワーク (AV メディアネットワーク) の接続状態を反映し接続され，Smart Connect ネットワークを形成する．

本節では，まず Smart Connect ネットワークの構成要素である各 AV 機器をモデル化する．そして，AV 機器同士の接続を反映する Smart Connect ネットワークについて，その詳細を検討する．

4.2.1 AV 機器のモデル化

2 章で検討したとおり，AV 機器は複数の機能の集合として捉えられ，各機能はメディアデータ生成機能，出力・記録機能，中継機能に分類される．AV 機器には，その他に

AV 機器同士を接続するために様々な端子が用意されている．本システムでは，AV 機器をメディアデータ生成機能，出力・記録機能及び外部との接続に用いられる外部入力端子群，外部出力端子群の集合として取り扱う．また，それぞれを接続する内部メディアデータ経路を定義する．なお，メディアデータ中継機能は，端子群同士の接続として内部メディアデータ経路に内包して取り扱い，モデル化の際には特に取り上げない．

図 4.3 に，本システムで用いる AV 機器のモデル化の例を示す．

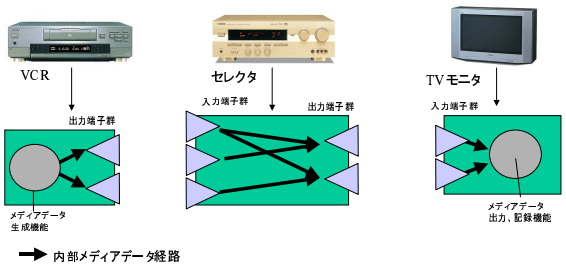

図 4.3: AV 機器のモデル化

メディアデータ生成機能

入出力 AV 機器間のメディアデータ通信経路の始点となる入力元 AV 機器には，メディアデータ生成機能が存在する．図 4.3 に挙げた VCR のビデオ再生機能の他，TV チューナ機能や光ディスクプレーヤ機能などが相当する．

メディアデータ出力・記録機能

メディアで多通信経路の終点となる出力先 AV 機器には，メディアデータ出力・記録機能が存在する．図 4.3 に挙げた TV モニタ機能の他，スピーカ機能などが相当する．

入出力端子群

AV 機器は，他の AV 機器との接続のために様々なインタフェースを備えている．IEEE1394 では，単一の端子で映像，音声の入出力が可能であるが，アナログ接続の場合，入出力インタフェースは映像端子や左右音声端子という具合に，複数の端子に分かれている．AV 機器の持つセレクタなどでは，端子単位ではなく端子のグループ単位で切り替えを行っているので．本システムでは端子をグループ単位で取り扱い，入出力それぞれを入力端子群，出力端子群 と呼ぶ．

なお，IEEE1394 は，単一の端子で映像，音声の入出力を行なうが，アナログ端子と同様，入力端子群，出力端子群の二つの端子群としてモデル化する．

内部メディアデータ経路

AV 機器の内部で，入出力端子群と AV 機器機能，または入出力端子群同士や AV 機器機能同士の接続を，内部メディアデータ経路としてモデル化する．内部メディアデータ経路は方向を持ち，一方向にしかメディアデータは流れない．また，内部メディアデータ経路は，有効，無効という状態を持ち，メディアデータが流れる状態と流れない状態を表す．入出力端子群や AV 機器機能に複数の内部メディアデータ経路が接続されている場合，終点側に複数接続されている時は同時に最大一つの内部メディアデータ経路が有効になる．始点側に複数接続されている時には上限は定めない．

4.2.2 AV 機器同士の接続

AV 機器同士は，一方の AV 機器の入力端子群と他方の AV 機器の出力端子群を接続することで接続される．この接続を外部メディアデータ経路として定義し，さらに接続状態の詳細を分析する．

外部メディアデータ経路

AV 機器の入力端子群と出力端子群との接続を，外部メディアデータ経路としてモデル化する．外部メディアデータ経路も，内部メディアデータ経路と同様，有効，無効状態を持つ．また，メディアデータの流れる方向も定義される．また，外部メディアデータ経路は，経路を通過する映像や音楽の品質を属性として持つ．

入出力端子群間の接続の詳細

外部メディアデータ経路の接続可否や品質は，実際に接続を行なう端子によって決定される．アナログ接続の場合，外部メディアデータ経路は，端子同士を接続する複数のケーブルによって実現される．アナログ AV 機器では，端子の種類により接続の可否やメディアデータの品質を比較できるため，接続に用いられる端子自体の情報を持ち，外部メディアデータ経路の属性に反映させる．表 4.1 に端子の属性として保持される項目を示す．

なお，IEEE1394 端子は，単一の端子で映像，音声の入出力を行なうが，映像，音声で別の端子としてモデル化する．

4.2.3 Smart Connect ネットワーク

AV 機器同士の接続をモデル化し，Smart Connect モジュール同士の接続によって生成される Smart Connect ネットワークを定義する．図 4.4 に，Smart Connect ネットワークの概念を示す．

表 4.1: AV 端子の属性

項目	内容
メディアタイプ	Audio or Video
In/Out	Input or Output
データタイプ	データのフォーマット．MPEG2_VIDEO, PCM_AUDIO など
インタフェースタイプ	端子の形状
最大接続数	最大接続可能な外部メディアデータ経路の数

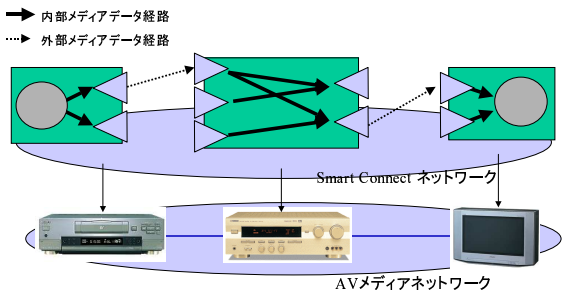

図 4.4: Smart Connect ネットワーク概念図

Smart Connect ネットワークは，内部メディアデータ経路及び外部メディアデータ経路からなり，AV 機器の構成要素であるメディアデータ生成機能と，メディアデータ出力・記録機能との間を接続する．また，入力端子群や出力端子群が中継ノードとして存在する．

Smart Connect ネットワークにおいて，入出力 AV 機器間の経路はメディアデータ生成機能とメディアデータ出力・記録機能間の経路として表わされる．この経路は内部メディアデータ経路，出力端子群，外部メディアデータ経路，入力端子群から成り，それぞれに対応する AV 機器部分を適切に制御することで，実際に入出力 AV 機器間の経路が生成できる．

4.3 経路検索機構の設計

本システムでは，Smart Connect ネットワーク上でのパケット交換によって，メディアデータ生成機能を始点に，メディアデータ出力・記録機能までの適切な経路を検索し，と呼ぶ入出力機器間のメディアデータ通信経路を生成する．

本節では，はじめに本システムにおける経路検索機構の要件を整理し，次に経路検索機構の設計を行う．

4.3.1 経路検索機構の要件

経路検索機構は，以下の要件を考慮して設計を行なう．

集中管理サーバを必要としない検索

本システムでは，アプリケーションが可能な限り本システムを透過的に利用できることを目指している．集中管理サーバを設置した場合，常時起動が必要なモジュールが存在したり，サーバの起動順序に制限が加わるといったことが考えられる．このため，本システムでは AV 機器の接続状態を集中管理するサーバを設置せず，Smart Connect ネットワーク上でのパケット交換による検索機構を採用する．

有限時間での検索

AV 機器を集中管理するサーバの存在しない本システムにおいても，有限時間内に検索が終了することを保証する必要がある．

多様な検索の実現

正確な AV 機器名だけでなく，AV 機器の接続状態など様々な検索条件からの AV 機器の検索を実現する必要がある．

ネットワーク状態反映

本システムに用いるネットワークに存在する AV 機器の状況は動的に変化する．別の経路生成のためにすでに利用されていたり，電源が切断されていることなども考えられる．本機構では，検索時にこのようなネットワーク状態を反映し，また，経路生成後もネットワーク状態の変化に動的に対応できるような検索機構を採用する．

4.3.2 経路検索機構の設計

AV 機器の接続状況の全体を把握するサーバが置かれないため，経路検索，生成は，SmartConnect モジュール同士が検索条件などを記述したパケットを交換し合うことによって行なう．前述の要件を満たすため，本システムでは経路検索手順を以下のように設計した．以下に，検索手順を示す．

1. 出力 AV 機器の広告

   メディアデータ生成機能は，Smart Connect ネットワーク上に自身の情報を記述したパケットを定期的に広告する．表 4.2 に，パケットの内容を示す．このパ

ケットがSmart Connect ネットワーク上を転送されることで，各Smart Connect モジュールが出力 AV 機器の存在を把握する．

表 4.2: メディアデータ出力・記録機能が広告する情報

項目	内容
AV 機器名	出力先 AV 機器の名前
出力機能名	出力機能の名前
ホップ数	出力 AV 機器へのホップ数
経路品質	出力 AV 機器への経路品質

2. インタフェース上での出力 AV 機器情報の保存

出力 AV 機器の広告が通過した AV 端子上では，パケットに記述された情報から表 4.3 に示した情報を取得，保持する．この情報を参照することで，各 AV 端子において出力先 AV 機器の検索や AV 機器への経路であるメディアデータ経路を検索することが可能となる．

表 4.3: AV インタフェース上に保持される情報

項目	内容
AV 機器名	出力 AV 機器の名前
AV 機器への経路	インタフェースに接続された出力経路の中で， AV 機器に対応した経路へのポインタ
AV 機器種別	AV 機器種別．映像か音声か，表示か記録か，など
ホップ数	出力 AV 機器へのホップ数
経路品質	出力 AV 機器への経路品質
最終広告時刻	出力 AV 広告が最後に行われた時刻 一定時間広告が行われないときにエントリーが削除される

3. 検索

AV 機器の検索時には，検索の始点に当たるメディアデータ生成機能から，検索条件を記述したパケットが伝達され，通過する各 AV 端子上で適切なメディアデータ経路が選択され，最終的に検索条件に適したメディアデータ出力・記録機能へ到達する．表 4.4 に，検索時に伝達されるパケットが保持する情報を示す．

検索パケットに記述されている内容から，検索を行う．検索には以下の 3 通りが存在する．

- 経路品質優先検索

  メディアデータ出力機能が複数存在するときに，もっとも経路品質の高い経路を選択することで最終的な出力機能へ到達する検索方法．

- 経路通過数優先検索

  メディアデータ出力機能が複数存在するときに，もっとも経路通過数の小さい経路を選択することで最終的な出力機能へ到達する検索方法．

- 名前指定検索

  メディアデータ出力機能の名前を指定し検索する方法．複数の経路が存在する場合を考慮し，補助的に経路品質優先か経路通過数優先かを指定する．

パケットには固有の ID が振られており，その ID は，そのまま本システムが提供する入出力 AV 機器間の経路を識別する ID となる．ID は，経路が切断されるまで AV 端子上に保存される．

表 4.4: 経路生成要求パケットの中身

項目	内容
ID	パケットを識別する値．
入力元 AV 機器	検索の始点となる AV 機器を記述する
出力先 AV 機器情報	検索の終点となる AV 機器名，あるいは検索属性を指定する
検索方針	検索する際のパラメータの優先順位を記述する

4. 経路通知パケット返信

   検索パケットが出力先 AV 機器にまで到達すると，パケット ID を記録した経路生成パケットが逆方向に出力される．各 AV 経路上では，パケット ID をもとに

   経路生成パケットが通過したメディアデータ経路上では，実際に AV 機器を制御してそのメディアデータを有効にする．

4.4 Smart Connect モジュール

Smart Connect モジュールは，AV 機器と一対一に対応して置かれ，AV 機器のリソース管理，AV 機器制御，他の Smart Connect との通信，Smart Connect システムを利用するアプリケーションや，管理モジュールとの通信を行う．Smart Connect モジュールは，AV 機器リソース管理モジュール，ライブラリ通信部，AV 機器制御モジュール，Smart Connect ネットワーク通信モジュールから成る．図 4.5 に，本モジュールの全体図を示す．

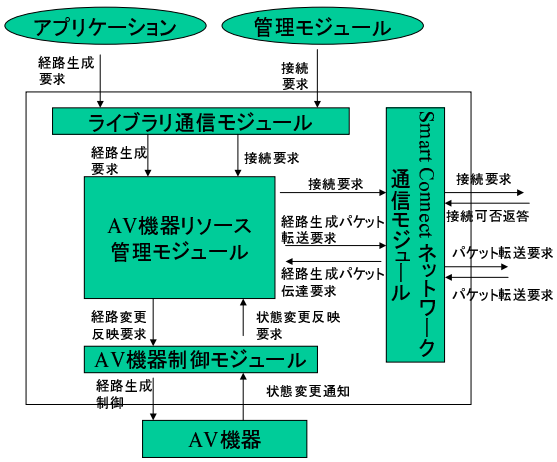

図 4.5: Smart Connect モジュール全体図

4.4.1 AV 機器リソース管理部

AV 機器リソース管理部は，前節での AV 機器のモデル化にしたがって，AV 機器内部の，メディアデータ生成機能，内部メディアデータ経路といったリソースの状態を管理する．これらのリソースは，Smart Connect ネットワークの一部分を表す．そのため，Smart Connect ネットワークに関わる操作も本部分が担当する．

本部分は，以下の 4 つの機能を提供する．

- 経路生成機能

  AV 機器がメディアデータ生成機能を持つ場合，その AV 機器に対応した Smart Connect モジュールは経路生成機能を持つ．アプリケーションからライブラリ通信部を利用して呼び出され，アプリケーションの指定する検索方法を記述した経路生成パケットをメディアデータ生成機能から Smart Connect ネットワークに送信する．

- Smart Connect ネットワーク接続機能

  管理モジュールや，AV 機器制御モジュールから呼び出され，Smart Connect ネットワークの接続や切断を行なう．本機能は，Smart Connect ネットワーク通信モジュールと協調し，接続相手の Smart Connect モジュールと AV 端子の情報を交換しながら，AV 機器リソースを更新する．

- パケット処理機能

  Smart Connect ネットワーク内のパケット転送のうち，Smart Connect モジュールが対応する AV 機器部のパケット転送を行なう．

  パケットが経路通知パケットである場合，パケットの内容にしたがって AV 機器制御モジュールに経路生成を実現する AV 機器制御を要求する．

- メディアデータ出力，記録機能広告機能

  AV 機器がメディアデータ出力，記録機能を持つ場合，Smart Connect ネットワーク上に出力，記録機能の情報を記したパケットを公告する．

4.4.2 ライブラリ通信部

本システムが提供するライブラリや管理モジュールと通信する．ライブラリからは，経路生成要求が送られ，管理モジュールからは Smart Connect ネットワークの接続要求が送られてくる．これらを受け，AV 機器リソース管理部の経路生成機能や Smart Connect ネットワーク接続機能を呼び出す．

4.4.3 Smart Connect ネットワーク通信部

本モジュールは，Smart Connect モジュール同士の通信に用いられる．Smart Connect モジュールは，モジュール同士が接続され，Smart Connect ネットワークを構成している．本モジュールでは，接続された Smart Connect モジュール間のパケット交換を実現している．

また，Smart Connect ネットワークの接続要求時に，Smart Connect モジュール同士で AV 端子情報を交換する際にも本部分が用いられる．

4.4.4 AV 機器制御部

AV 機器制御部は，AV 機器リソース管理部と実際の AV 機器の状態の同期を行う．本部分は，IEEE1394 や赤外線，RS-232C といった AV 機器制御インタフェースを管理し，AV 機器リソース管理部の変更を受けて実際に AV 機器を制御する．また，AV 機器から通知された状態変化を AV 機器リソース管理部に反映させる．

IEEE1394 に対応した AV 機器制御モジュールでは，バスリセットを検知することで，AV 機器同士の接続状態の変化を取得できる．本モジュールが新たな AV 機器間の接続を検出し，AV 機器リソース管理モジュールに Smart Connect ネットワークの接続を要求する．

4.5 管理モジュール

管理モジュールでは，Smart Connect モジュールに AV 機器間の接続状態を通知し，Smart Connect ネットワークに AV メディアネットワークの状態を反映させる．アナログケーブルなど，従来の AV 機器同士のケーブル接続は，自動検知が困難である．管理モジュールから機器機関の接続状態を通知することで，Smart Connect ネットワークによる AV 機器の接続状態の反映を可能にする．本システムでは，ホームネットワー

クのユーザが AV 機器を接続する度に本モジュールを利用して AV 機器同士の接続状態を入力することを想定する．そのため，ユーザに利用しやすいインタフェースを提供することが望まれる．

4.6 ライブラリモジュール

ライブラリモジュールは，Smart Connect システムを利用するアプリケーションの一部として動作し，Smart Connect システムを利用するアプリケーションに対する API の提供と，API を通じた接続要求に対する Smart Connect モジュールへの接続要求の発行を行なう．本ライブラリでは，AV 機器や検索条件を表現するオブジェクトを定義し，入出力 AV 機器間の経路生成，切断を実現する関数を提供する．

4.6.1 API 設計

Smart Connect システムが提供する API では，入出力 AV 機器間の経路生成をアプリケーションから実行することを可能とする．

アプリケーションは，API を通じて AV 機器間の経路生成や切断を行なう．その際，ライブラリモジュールによって Smart Connect システムが呼び出され，AV 機器間の経路生成が行われる．

アプリケーションは，図 4.5 に指定された項目を API を通して本システムに通知する．

表 4.5: 経路生成時にアプリケーションが指定する項目

項目	内容
入力元 AV 機器	検索の始点となる AV 機器を記述する
出力先 AV 機器	検索の終点となる AV 機器名，あるいはタイプを記述する
検索方針	検索する際のパラメータの優先順位を記述する

経路生成要求後，アプリケーションは生成された経路を表現する ID を取得する．この ID を用いて，経路の破棄要求などが可能となる．

4.7 本章のまとめ

本章では，入出力 AV 機器間のメディアデータ通信経路生成機構である Smart Connect システムの設計について述べた．まず，Smart Connect システムのハードウェア構成とソフトウェア構成を明らかにし，提供する API の特徴や，AV 機器の検索方法を示した．本システムでは，Smart Connect モジュール同士が AV 機器の接続状況を反映した Smart Connect ネットワークを形成し，パケットを交換することで経路生成や AV

機器制御を行なう．最後に，本システムのソフトウェア要素である，Smart Connect モジュールや管理モジュール，ライブラリモジュールの構成要素や機能を明らかにした．

次章では，本章の設計に基づいて行なった Smart Connect システムの実装を説明する．

第5章　実装

本章では，前章で行なった設計に基づいて実装を説明する．はじめに実装方針を示し，全体のソフトウェア構成を示す．次に，本システムで用いられる通信プロトコルの詳細を述べる．次に，各ソフトウェアモジュールの実装を示し，管理ツールの利用方法を説明する．最後に，本システムを応用したアプリケーションの例を示す．

5.1 実装方針

Smart Connect システムの実装は，Java 言語を用いて行なった．Java では，プログラムがバイトコードと呼ばれる中間コードにコンパイルされるため，Java Virtual Machine と呼ばれる実行環境を用意することで様々な OS や CPU 上で同一のバイナリを実行することが可能である．特定の OS や CPU アーキテクチャに限定されたデバイスやライブラリを利用することが多い AV 機器制御に対応させるため，本システムでは Java 言語を実装言語に利用し，様々な AV 機器制御方法への対応を容易にする．

5.2 実装の概要

Smart Connect システムの構成図を図 5.1 に示す．

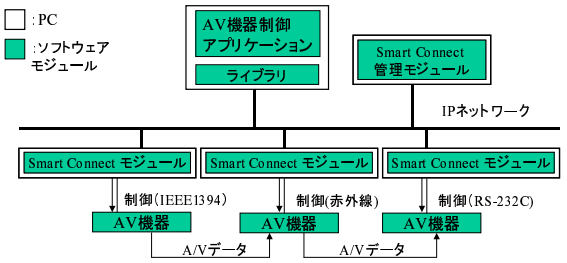

図 5.1: Smart Connect システムソフトウェア構成

Smart Connect システムは，各 AV 機器に対応づけられた Smart Connect モジュールと，各モジュール同士の接続状況を設定する管理モジュール，アプリケーションが利用する API 提供部により構成される．

5.3 Smart Connect モジュールの実装

本節では，Smart Connect モジュールの実装概観について述べ，次に各構成要素の実装を説明する．図 5.2 に，Smart Connect モジュールの構成を示す．

AVResourceManager クラスが AV 機器リソースを管理する．AV 機器と接続された AVManager クラス，他の Smart Connect モジュールとの通信を行う SCCommunicator クラス，アプリケーションや管理モジュールからの要求を受け付ける ApplicationIF クラスは，それぞれ要求を受信したとき，要求内容を解析し，AVResourceManager クラスの適切なメソッドを呼び出す．

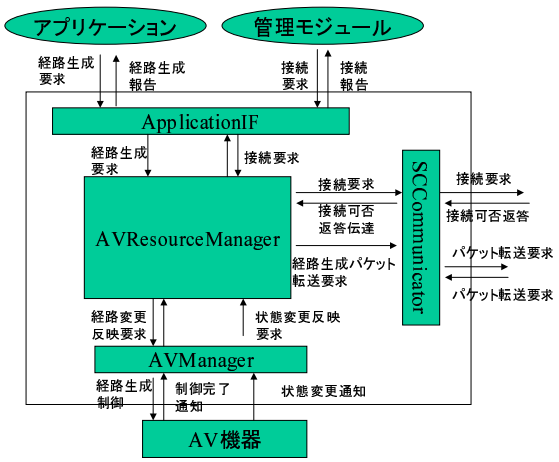

図 5.2: Smart Connect モジュールの構成

5.3.1 AV 機器リソース管理部

図 5.3 に，AV 機器リソースを管理する AVResourceManager クラスを示す．本クラスは，AV 機器の状態を階層構造として保持する．また，本クラスでは Smart Connect ネットワーク上でのパケットの伝達や入出力端子群の接続を実現するメソッドを持つ．これらのメソッドでは，保持する AV 機器情報に変更を加えたり，必要に応じて結果を返す．

```
public abstract class AVResourceManager{
    // Smart Connect モジュール実行クラスへの参照
    protected SCModule scModule;
    // 入力端子群のリスト
    protected IFGroupList inputIFGroupList;
    //出力端子群のリスト
    protected IFGroupList outputIFGroupList;
    //接続された端子群の情報を保持するリスト
    protected IFGroupList remoteIFGroupList;
    //AV データ生成機能のリスト
    protected IFGroupList sinkAVList;
    //AV データ入力・記録機能のリスト
    protected IFGroupList sourceAVList;
    //（以下，メソッド等省略）
}
```

図 5.3: AVResourceManager クラス

AVResourceManager クラスのメソッド

- パケットの伝搬機能

SCCommunicator クラスによる他の Smart Connect モジュールからのパケット受信時，及び，自らの AV データ生成機能，入力・記録機能によるパケット生成時に呼び出される．AV 機器情報を保持している各クラスに，Smart Connect ネットワークの接続状態に応じてパケットを通過させ，また AV 端子群が他の Smart Connect モジュールの AV 端子群と接続されている場合は SCCommunicator クラスを通じて適切な Smart Connect モジュールにパケットを転送する．

- AV 端子群同士の接続機能

  本機能は，接続操作の接続側となる場合と被接続側とに分かれる．

  接続側となる場合，管理モジュールから，Smart Connect ネットワークの接続要求が行なわれた時に，ApplicationIF クラスを通じて呼び出される．指定された端子の持つ接続情報を，SCCommunicator クラスを通じ交換し，接続可能な場合は保持している AV 機器情報に接続状態を反映させる．接続の可否を，ApplicationIF クラスを通じて管理モジュールに通達する．

  被接続側となる場合，SCCommunicator モジュールが接続要求を受信した際に呼び出される．接続要求の中に記述された相手側の接続情報と，自 Smart Connect モジュール内の該当端子の接続情報を検討し，接続可能，不可能を判断する．接続可能時には，保持している AV 機器情報も更新する．

- 経路生成要求機能

  アプリケーションから入出力 AV 機器間の経路生成の要求を受た ApplicationIF クラスは，本クラスの経路生成要求メソッドを呼び出す．経路生成要求機能では，経路生成の始点となるメディアデータ生成機能に，接続要求パケットの発行を依頼する．

- 広告パケットの伝搬要求受け付け

  出力・記録 AV 機能の広告パケット伝搬要求を受け付ける．Smart Connect ネットワーク上に，公告パケットを伝達する．

5.3.2 AV 機器制御部

AVManager クラスにより，AV 機器へ制御コマンドの発行や，AV 機器からの情報の受信を行なう．また，AV 機器から状態の変更が通達された場合，AVResourceManager に状態を反映するよう通達する．本クラスは，抽象クラスのみ定義されており，実際の制御動作は各 AV 機器の種類や AV 機器の制御方法に依存したモジュールにより行なわれる．

5.3.3 Smart Connect ネットワーク通信部

SCCommunication クラスにより，他の Smart Connect モジュールとの通信が行なわれる．以下に挙げた通信が，本クラスを利用して行なわれる．

- パケットの送信
- パケットの受信
- 経路生成要求の送信
- 経路生成要求の受信

受信内容に応じて，AVResourceManager の適切なメソッドを呼び出す．また，AVResourceManager が本クラス呼び出すことでパケット送信が行なわれる．

5.3.4 データ構造

Smart Connect モジュール内では，設計における AV 機器のモデル化に従って，AV 機器の入力端子群，出力端子群，AV データ生成機能，AV データ出力機能をリストとして保持する．図 5.4 に，ビデオデッキを例にデータ構造を示す．例に挙げたビデオデッキでは，入力端子群，出力端子群をそれぞれ二つずつ持ち，それぞれ inputIFGroupList，outputIFGroupList 内にリンクドリストとして保持される．本図内で，ビデオデッキの持つテープ駆動部は，AV データ生成機能としてビデオテーププレーヤとして，AV データ出力・記録機能としてテープレコーダとして分類される．このため，単一のデバイスが図中では sinkAVList と sourceAVList にそれぞれ登録されている．端子群としては，入出力端子それぞれ二つずつ存在する．各端子群は，更に端子ごとに AVInterface クラスのインスタンスを持ち，端子の情報を保持している．

図示されていないが，データとして保持するものとしては他に内部 AV データ経路がある．図の VideoTapePlayer から OUT1，OUT2 へ，また IN1 及び IN2 からは VideoTapeRecorder へ内部 AV データ経路が存在する．合計 4 本の内部データ経路が，データ構造として存在する．

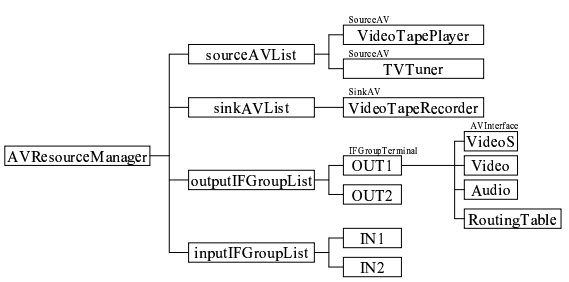

図 5.4: AVResourceManager 内でのデータ構造

入出力端子群

IFGroupTerminal クラスによって，入出力端子群の情報が保持される．各端子は AVInterface クラスで表わされ，端子の属性が保持されている．入出力端子間の接続の際に，接続の可否の検討のために端子の属性が利用される．

また，IFGroupTerminal クラスは，RoutingTable クラスを持つ．このクラスは，複数接続されているメディアデータ経路の内，検索パケットの条件から適切なものを選択するクラスである．検索パケットが Smart Connect ネットワークを通過する際には，通過する各 IFGroupTerminal クラスにおいて RoutingTable クラスが利用され，適切な経路が選択される．

メディアデータ生成機能

SourceAV クラスによって，メディアデータ生成機能の情報が管理される．このクラスは，入出力 AV 機器間の接続要求時に利用され，このクラスを始点とした検索パケットを生成，Smart Connect ネットワーク上に伝達する．

メディアデータ出力・記録機能

SinkAV クラスによって，メディアデータ出力・記録機能の情報が管理される．経路検索パケットの受信時には，同一の ID を持った経路生成パケットを生成し，逆方向に伝達する．

また，このクラスは定期的に広告パケットを生成し，Smart Connect ネットワーク上に伝達する．

5.4 通信プロトコルの概要

本節では，Smart Connect システムで用いられる通信プロトコルを説明する．まず，通信で用いられる AV 機器の表記方法を説明し，Smart Connect モジュール間，ライブラリと Smart Connect モジュール間，管理モジュールと Smart Connect モジュール間それぞれの通信プロトコルを説明する．

なお，Smart Connect システムで利用する通信には，TCP/IP を利用しテキストメッセージを交換する方式を用いる．理由としては，デバッグの容易さの他，C 言語など他のプログラミング言語を利用したシステムから本システムの利用を実現するライブラリの開発の容易さが挙げられる．

5.4.1 AV 機器の表記

通信で利用する文字列において，AV 機器機能，端子名の表記方法を示す．図 5.5 の階層化をもとに，それぞれの属性の名前を/で区切り表記する．図 5.6 に AV 機器機能の表記形式を，図 5.7 に端子群の表記形式を示す．それぞれ，Smart Connect モジュールの IP アドレスとポート番号，AV 機器名と機能名や端子群名を/で区切って表記する．この表記方法により，可読性のある通信が可能となる．

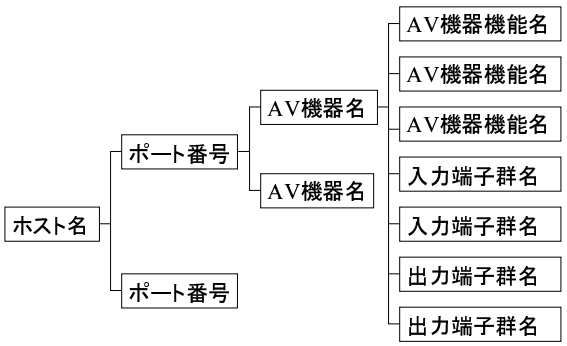

図 5.5: AV 機器名階層図

ホスト名 (IP アドレス)/ポート番号/AV 機器名/AV 機器機能名

図 5.6: AV 機器機能の表記方法

ホスト名 (IP アドレス)/ポート番号/AV 機器名/端子群名

図 5.7: 端子群名の表記方法

5.4.2 ライブラリ部と Smart Connect モジュールとの通信

ライブラリ部との通信は，アプリケーションからの経路の生成要求や切断要求である．アプリケーションは，入力元 AV 機器に対応した Smart Connect モジュールに対して，経路生成や削除要求を行なう．Smart Connect モジュールは，アプリケーションからの接続要求に対し，述された経路の ID 番号を返す．切断要求は，この ID 番号を利用して行なう．以下に，通信の詳細を示す．

経路生成要求時

図 5.8 に，経路生成要求に利用するコマンドの書式を示す．

GENERATE 検索方法 入力元 AV 機器機能 出力先 AV 機器機能
GENERATE 検索方法 入力元 AV 機器機能 出力先 AV 機器属性

図 5.8: 経路生成要求コマンド

経路削除要求時

図 5.9 に，経路削除を要求する際のコマンドの書式を示す．

DELETE 経路 ID

図 5.9: 経路削除要求コマンド

5.4.3 管理モジュールと Smart Connect モジュールの通信

管理モジュールから，Smart Connect モジュールに対して，Smart Connect ネットワークの接続，切断を通知する．管理モジュールは，接続される両 Smart Connect モジュールの内，メディアデータの出力側に接続コマンドを発行する．図 5.10 に，接続，切断それぞれのコマンドを示す．

CONNECT 出力端子群 入力端子群
DISCONNECT 出力端子群 入力端子群

図 5.10: Smart Connect ネットワークの接続，切断要求

5.4.4 Smart Connect モジュール間の通信

Smart Connect モジュール同士の通信には，広告，経路検索，経路生成パケットの転送，及び AV 端子情報の交換による Smart Connect ネットワークの接続がある．

パケットの転送

Smart Connect モジュール間でパケットの転送は，転送元の端子群から転送先の端子群へ行なわれる．この時の通信は，図 5.11 の文字列を， 転送先の Smart Connect モジュールに送信することで行なわれる．

PACKET_RELAY 送信元端子群 送信先端子群 文字列表現によるパケット

図 5.11: パケット転送の書式

Smart Connect ネットワークの接続

Smart Connect ネットワークにおける接続は，以下の順序で行なう．その際，接続の出力側から入力側にコマンドを送信する．

1. 出力側 Smart Connect モジュールから入力側 Smart Connect モジュールへの接続要求

   出力側 Smart Connect モジュールは，入力側 Smart Connect モジュールに接続要求を送る．その際，出力側の端子群名と端子名，端子の接続属性と，入力側の端子群名を伝達する．図 5.12 に接続要求の書式を示す．

PATH_SYN 出力側端子名 出力側接続属性 入力側端子群名

図 5.12: 接続要求コマンドの書式

2. 入力側 Smart Connect モジュールでの接続可否判定

   入力側 Smart Connect モジュールでは，伝達された出力側端子の接続属性と，入力側端子の接続属性に基づき，接続の可否を判定する．接続可能な場合，出力側端子群名，端子名，接続属性を登録し，出力側 Smart Connect モジュールに接続成功を伝達する．その際，入力側接続属性も含めて伝達を行なう．図 5.13 に，接続要求結果伝達コマンドの書式を示す．

PATH_ACK 出力側端子名 出力側接続属性 入力側端子名 入力側接続属性

図 5.13: 接続要求結果伝達コマンドの書式

5.5 APIの実装

本節では，ライブラリモジュールが提供する API について解説する．

ライブラリ部は，アプリケーションに対する API の提供と，API に対応し Smart Connect モジュールと通信する部分の実装からなる．API 実装部のインタフェースを図 5.14 に示す．本 API を利用する場合，Connect メソッドに，入力元 AV 機器 (必須) と，出力先 AV 機器検索方法 (必須)，出力先 AV 機器名 (オプション) を指定することで，AV 機器間の接続を実現する．接続が成功した場合，int 型の整数が返される．この数字を利用することで，切断処理が行なえる．

```
package jp.ac.keio.sfc.ht.niya.smartconnect.api

public interface SmartConnectLibrary{
    public int Connect(AV_Function sourceAV,
                       AV_Function sinkAV,
                       SearchOption searchOption)
                       throws ConnectionErrorException;
    }

    public int Connect(AV_Function sourceAV,
                       SearchOption searchOption)
                       throws ConnectionErrorException;
    }

    public boolean Disconnect(int pathID);
}
```

図 5.14: SmartConnectLibrary インタフェース

図 5.15 に，AV 機器の入出力機能を表すオブジェクトを示す．このクラスを利用して，AV 機器の入出力機能を指定する．

```
package jp.ac.keio.sfc.ht.niya.smartconnect.api
import java.net.*;

public class AV_Function{
    String name;           // AV 機器の名前
    String function_name   // 入出力機能の名前
    InetAddress address;   // AV 機器のアドレス
    int port;              // AV 機器のポート番号

    //（以下，メソッド等省略）
}
```

図 5.15: AV_Function クラス

5.6 管理モジュールの実装

管理モジュールは，Smart Connct モジュール同士の接続を伝達するモジュールである．本実装においては，Smart Connect システムが提供する API を利用し，コマンドラインツールとして実装した．

管理モジュールは，アナログケーブルなど自動検出できない AV 機器間のの接続を Smart Connect モジュールに通知し，Smart Connect ネットワークに反映させることに用いられる．本実装では，他に Smart Connect モジュールの一覧の取得と，入出力 AV 機器間の経路生成も可能とした．

5.6.1 コマンド

管理モジュールが備えるコマンドを説明する．

AV 機器一覧の取得: getlist

getlist コマンドで，現在利用可能な AV 機器の一覧を取得できる．管理モジュールの起動後や，Smart Connect モジュールが新たに追加されたり停止した際には，getlist コマンドを実行して管理モジュール内の AV 機器一覧情報を更新する．

管理モジュールの実装を容易にするために，各 Smart Connect モジュールはマルチキャストアドレスへの問い合わせに対し，自身の情報を答える．この機能を利用して，管理モジュールでの AV 機器一覧の取得を行なっている．

AV 機器一覧の表示: list

list コマンドは，AV 機器一覧情報を表示する．引数を指定しない場合，Smart Connect モジュールの一覧が表示される．引数としては，-f オプションで機能を表示，-i オプションで AV 端子の表示ができる．また，数字を指定することで特定の Smart Connect モジュールに関する情報のみを表示することも可能である．ここで表示される AV 機器や AV 端子，機能の番号を利用して，以下のコマンドを実行する．本コマンドの実行結果を表 5.16 に示す．

```
Input SC Command: list -f
[0] VHS_DV address:133.27.171.228/45678
     [0]VHS-DECK
     [1]DV-DECK
[1] AVAmp address:133.27.171.229/23456
     [0]Speaker
[2] PDP address:133.27.171.229/6789
     [0]PDP-DISPLAY
Input SC Command:
```

図 5.16: -f オプションを付けた list コマンドの実行結果

AV 機器端子間の接続: connect

connect コマンドでは，Smart Connect モジュールの AV 端子間の接続を通知する．本コマンドでは，list コマンドで得られる AV 機器番号，AV 端子番号を利用する．表に書式を，表に実行結果を示す．

```
書式: connect 出力 AV 機器番号 出力 AV 端子番号 入力 AV 機器番号 入力 AV 端子番号

Input SC Command: connect 0 0 1 1
SEND: CONNECT 133.27.171.228/34567/VHS_DV/OUT1/S-VIDEO
              133.27.171.229/12345/AVAmp/DVD-IN/V_S
RECEIVE: OK
Input SC Command:
```

図 5.17: connect コマンドの実行結果

AV 機器間のメディアデータ通信経路の生成: gen

管理モジュール本来の機能ではないが，AV 機器間の接続もコマンドラインから実行できる．図 5.18 に，コマンドの実行例を示す．

```
書式: gen 入力元 AV 機器番号 生成機能番号 出力先 AV 機器番号 出力機能番号 検索方針

Input SC Command: gen 0 1 2 0 h
send: GENERATE NAME_HOP VHS_DV/DV-DECK PDP-DISPLAY
RECEIVE: 427
```

図 5.18: gen コマンドの実行結果

5.7 サンプルアプリケーション

本節では，Smart Connect システムを利用することで実現するアプリケーションの例を示す．

5.7.1 GUI による入出力指定装置

任意の AV 機器間の接続を，GUI を利用し設定するアプリケーションを実装した．画面上に表示されている AV 機器の一覧から，入力元 AV 機器と出力先 AV 機器をマウスで指定することで，AV 機器の接続が可能となる．複雑な配線の AV 機器環境において，本アプリケーションを利用することで手軽な AV 機器の利用が可能となる．

5.7.2 ユーザの移動透過的な TV 視聴装置

ホームネットワークに接続されたディスプレイが家庭内の様々な部屋にある環境で，ユーザの位置を検知するセンサなどを利用して，ユーザの移動透過的な TV 視聴装置

が実現できる．Smart Connect システムを利用することで，それぞれのディスプレイの対応メディアや接続されたネットワークといった接続形態を考慮せずに，このようなアプリケーションが開発できる．

図 5.19 に，ユーザの移動が行なわれた際に呼び出されるメソッドの例を示す．移動を検知すると，移動先の場所の ID を引数に switchDisplay メソッドが呼び出される．移動先の ID から，新たな場所に適したディスプレイの情報を取得し，接続を切り替える．

```
public void switchDisplay(LocationID newLocation){
    try{
        AV_Function newDisplay = locationManager.getDisplay(newLocation);
        smartConnect.Disconnect(connectionID);
        connectionID = smartConnect.Connect(sourceAV, newDisplay,searchOption);
        diplay = newDisplay;
    }catch(Exception e){
        //(略)
    }
}
```

図 5.19: ユーザ移動時に呼び出されるメソッド

5.8 本章のまとめ

本章では，まず実装方針として Java 言語を利用することを示し，Smart Connect システムが Smart Connect モジュール，管理モジュール，ライブラリモジュールから成り立つことを示した．次に，本システムで用いる通信プロトコルの詳細を示した．そして，各ソフトウェアモジュールの実装を行ない，管理ツール上から Smart Connect ネットワークを接続する手順や，AV 機器同士の接続を実現する方法を示した．最後に，Smart Connect システムを利用したアプリケーションとして，GUI による入出力指定アプリケーションと，ユーザの移動透過的な TV 視聴装置を示した．

次章では，本章での実装に基づいて，定量的，定性的評価を行なう．

第6章　評価

本章では，Smart Connect システムプロトタイプの評価を行なう．

本章の前半では，定量的評価を行なう．後半では，類似システムと Smart Connect システムの機能比較や，Smart Connect システムの利便性といった定性的評価を行なう．

6.1 定量的評価

本節では，Smart Connect システムの定量的評価を行なう．本測定により，Smart Connect システムのスケーラビリティを検討する．また，測定結果及びその考察を今後の実装最適化の一助とする．

6.1.1 測定環境

測定には表 6.1 の環境を利用し，すべての測定は単一の計算機上で行なった．これは，ネットワークに起因する不確定な遅延を排除し，純粋に本システムによる処理時間を測定するためである．

表 6.1: 測定環境

CPU	Celeron 500MHz
メモリー	320MB
OS	Linux 2.4.16

6.1.2 経路生成時間の測定

SmartConnect モジュールのホップ数により，どの程度経路生成にかかる時間が変化するか測定する．

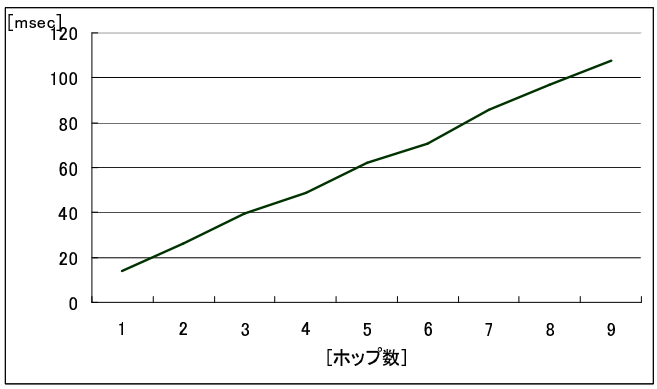

図 6.1: 経路生成時間の測定結果

測定方法

Smart Connect ネットワーク内で経路生成にかかる時間を，経路のホップ数を変動させながら測定した．ここで測定する時間は，Smart Connect ネットワーク上で検索パケットが生成され，経路生成パケットが戻ってくるまでの時間である．AV 機器に対する制御は，各モジュールにおいてパケットの通過後に並行的に行なわれるので，本測定では考慮していない．

なお，本測定においては，各モジュールにおける適切な経路検索時間の測定が目的ではないので，経路が一つしか存在しない環境において測定している．経路検索方法では，出力先 AV 機器名を指定し，ホップ数優先検索を行なった．

測定結果

図 6.1 に，本測定の結果を示す．接続ホップ数に対し，一次関数的に処理時間が増加していることがわかる．

考察

家庭内の AV 機器環境において，機器同士の接続は多くても数ホップであると考えられる．本システムは，10 ホップにおいても十分に高速な処理時間が確保されている．そのため，十分なスケーラビリティがあると考えられる．

6.2 定性的評価

6.2.1 AV 機器接続機構としての機能の評価

本節では，関連研究として挙げたシステムと Smart Connect システムとの機能を，3 章で挙げた AV 機器接続機構という点から比較し，評価を行なう．評価項目及び評価結果を表 6.2 に示す．

表 6.2: 定性的評価

	HAVi	STONE	Smart Connect
簡易性	×	×	○
堅牢性	○	○	△
拡張性	△	○	○

簡易性

入出力の AV 機器の指定だけで，AV 機器の検索や設定が行なえるかを比較する．セレクタやメディアフォーマット変換装置といった機器を中継させて AV 機器同士を接続する場合，HAVi や STONE では，仲介する機器を指定したり，機器を仲介させることを記述する必要がある．また，機器のフォーマットなどに注意を払い，接続が可能か考慮しなくてはならない．Smart Connect システムでは，これらの機器の検索や設定をすべて本システムが行ない，ユーザやアプリケーションプログラマが意識することがない．

堅牢性

AV 機器やネットワークの障害時などに，別の AV 機器や経路に切替えるなどして AV 機器同士の接続を継続させる機能を比較した．HAVi では，IEEE1394 の帯域管理や IEEE1394 のバスリセットイベントを検知することで，メディアデータ転送の帯域の保証や，バスリセット後の AV 機器間の再接続などが行なえる．STONE においても，機能ユニットの障害時に同じ機能を持った別のユニットに切替える機能が備えられている．

Smart Connect システムでは，接続や切断の検知が困難なアナログケーブルもサポートするため，完全には堅牢性に対応できていない．

拡張性

様々な接続方法や制御方法の AV 機器に対応することを，拡張性と呼ぶ．HAVi では，ベンダ依存ではあるものの，IEEE1394 以外の AV 機器への対応も考慮されている．STONE や Smart Connect システムでは，最初から接続方法や制御方法を限定しておらず，拡張性が確保されているといえる．

6.2.2 利用者に対する利便性

Smart Connect システムを直接利用する利用者は，ホームネットワーク上で AV 機器を利用するアプリケーションを開発するプログラマを想定している．ここでは，プログラマに対する利便性を，アプリケーション開発時のコード記述の簡易さという観点から評価する．

図 6.2 に，本システムを利用し，AV 機器間の経路を生成，切断する際のコードを示す．このように，わずか一行の記述の中で入出力 AV 機器と検索方針を指定することで，AV 機器間の経路生成が可能である．切断時も，同様に経路の ID を利用することで一行のコードで切断が可能である．このことから，本システムを開発者が利用するときの利便性が示された．

```
接続時:
connectionID = smartConnect.Connect(sourceAV, sinkAV, searchOption);

切断時:
smartConnect.Disconnect(connectionID);
```

図 6.2: AV 機器間の経路生成，切断を実現するコード

6.3 本章のまとめ

本章では，Smart Connect システムに対して定量的，定性的な面から評価を行なった．定量的な評価では，本システムの処理時間が十分短い時間に完了することが示され，本システムを利用する際のオーバーヘッドが少ないことが示された．定量的な評価では，本研究が AV 機器接続機構の機能を満たしており，関連研究と比較してとくに入出力 AV 機器の指定のみで AV 機器同士を接続できる簡易性という点において優れていることが示された．また，本システムを利用するアプリケーション開発者が，わずかな手間で本システムを利用することができることも示された．

第7章　結論

7.1　まとめ

本論文では，入出力 AV 機器間のメディアデータ通信経路生成機構である Smart Connect システムを提案し，設計と実装，評価を行なった．本システムを利用することにより，入力元 AV 機器と，出力先 AV 機器やその検索方針を指定するだけで入出力 AV 機器間の経路生成が可能となる．

AV 機器を利用する際，AV メディアへの操作以前に，AV メディアから出力されるデータが正しく出力に利用する AV 機器へ伝達されるよう，入出力 AV 機器間の経路生成に必要な AV 機器を発見して，それぞれを適切に設定する必要がある．今後普及が見込まれるホームネットワーク環境では，より多様な AV 機器のより広範な組み合わせが見込まれ，入出力 AV 機器間の経路生成は困難になると考えられる．また，ホームネットワークでは利用者だけでなく様々なアプリケーションが AV 機器を制御することが予想される．そのため，本研究では入出力 AV 機器間の経路生成を行なう入出力 AV 機器間の経路生成機構をミドルウェアとして構築し，アプリケーション開発者が入出力 AV 機器を手軽に組み合わせることを可能とした．

経路生成機構には，入出力 AV 機器の指定のみで入出力 AV 機器間の経路の生成を実現する簡易性，AV 機器の障害などに対して，通信に利用する AV 機器の切替などを行ない，AV 機器間の通信を継続させる堅牢性，様々な接続方法や制御形態に対応する拡張性が必要とされる．関連研究である HAVi や STONE といった機器やサービスを接続するミドルウェアでは，簡易性や拡張性を十分に満たしていない．

本研究において提案する Smart Connect システムでは，ホームネットワークのすべての AV 機器毎に Smart Connect モジュールを置き，各モジュールが対応する AV 機器の接続状況を反映しパケットの交換を可能にする Smart Connect ネットワークを形成する．Smart Connect ネットワーク上で経路検索条件を記述したパケットを交換することで，適切な AV 機器の検索を実現している．

本論文では Smart Connect システムを実装，評価し，本システムが入出力 AV 機器間の経路生成機構の機能を満たし，十分な処理速度を持つことが示された．また，利用者であるアプリケーション開発者にとって，十分使いやすいことも示された．

7.2　今後の課題

Smart Connect システムの今後の課題を挙げる．

IEEE1394 や HAVi への対応

現在，Smart Connect システムではアナログケーブルによる AV 機器間の接続を中心に取り扱っている．今後，IEEE1394 で接続され，HAVi に対応した AV 機器が普及することが見込まれる．そのような環境において，HAVi の弱点であるアナログケーブル接続の AV 機器との協調や，HAVi では不可能な中継 AV 機器を利用した入出力 AV 機器の接続を，本システムが HAVi と協調して行なえるよう拡張する．

多様な検索の実現

現在，Smart Connect システムは AV 機器の接続ホップ数と接続経路品質を利用し出力先 AV 機器を検索することで，出力先 AV 機器名を特定しない状態でも AV 機器間の接続が可能である．今後，更に多様な検索に対応させる予定である．具体的には，出力先 AV 機器の画面サイズや位置といった，接続状況以外の情報からも出力先 AV 機器の検索を可能にする．

動的な Smart Connect モジュールの生成

現在，Smart Connect モジュールは，各 AV 機器ごとにプログラムを記述している．今後，AV 機器の情報や AV 機器制御方法を XML[5] などを利用し記述し，Smart Connect モジュールを実行時に動的に生成するように拡張する．これによって，新たな AV 機器が登場した時に Smart Connect システムに対応させる手間が大幅に省略され，本システムを実際にホームネットワークに適応させることが容易になる．

アプリケーションの充実

Smart Connect システムを利用したアプリケーションとしては，現在簡単な AV 機器接続アプリケーションと，ユーザの移動に応じて出力先が切り替わる移動透過的な TV 視聴装置が挙げられる．今後，本システムを利用したアプリケーションをより充実させ，Smart Connect システムの有効性を実証する．

謝辞

本研究を進めるにあたり，絶えず懇切丁寧な御指導を賜わりました，慶應義塾大学環境情報学部教授徳田英幸博士に深く感謝いたします．

慶應義塾大学徳田・村井・楠本・中村・南研究会の諸先輩方には，お忙しい中，貴重な示唆や御助言，御指導を頂きました．特に慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科博士 2 年の中澤仁氏には，本論文執筆にあたって励ましと御指導を頂きました．慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修士 2 年の由良淳一氏，岩井将行氏，楠本晶彦氏，原島章介氏，修士 1 年の松宮健太氏，桐原幸彦氏，青木崇行氏，石井 かおり氏には，多忙の中，最後まで熱心な指導と助言を頂きました．ここに深い感謝の念を表します．

また，Keio Media Space Family-Architecture(KMSF) 研究グループのメンバーには，本研究に関する様々な議論をして頂きました．最後に，研究生活を共に過ごした，中西健一氏，柳原正氏，大藤徹氏，その他 2，3 年生の方々に深く感謝し，謝辞と致します．

2002 年 1 月 31 日
伊藤 昌毅

参考文献

[1] *IEEE Standard for a High Performance SErial Bus*, 1995. http://www.ieee.org.

[2] DVD Fourum. http://www.dvdforum.org.

[3] The ECHONET Specification Version 1.01, 2001. http://www.echonet.gr.jp.

[4] The Havi Organization. *Specification of the Home Audio/Video Interoperability (HAVi) Aarchitecture version 1.1*, 2001. http://www.havi.org.

[5] C.M.Sperberg-McQueen Tim Bray, JeanPaoli and Eve Maler. *Extensible Markup language(XML) 1.0(Second Edition)*, 2000. http://www.w3.org.

[6] 南, 森川, 青山. ネットワークサービスシンセサイザのデザイン. SSE2000-236/IN2000-192.

[7] 南, 森川, 青山. 動的でアドホックなネットワークサービスフレームワークの検討. DICOMO 2000, pp13-18.