

メディアストリーム中継機器の動的再構成による AV機器間接続の実現

伊藤 昌毅¹ 松宮 健太¹ 徳田 英幸^{1,2}

¹慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 ²慶應義塾大学 環境情報学部

家庭内の様々な家電機器を協調動作させ、多様なサービスを提供するフレームワークの開発が始まっている。しかし、特に AV 機器を協調動作させる際には、制御だけでなく複数の AV 機器を協調させメディアストリームを AV 機器間で転送する必要がある。本稿では、メディアストリームの転送にヘテロジニアスなネットワークが利用される環境を想定し、AV 機器同士がメッセージを交換することによりメディアストリーム中継機器を検索、制御して入出力 AV 機器間でのメディアストリーム経路を生成する Smart Connect システムを提案する。本機構を利用することにより、ホームネットワーク環境において既存の AV 機器も含めた複数の AV 機器を協調動作させるアプリケーションの開発が容易になる。

Connecting AV Devices by Dynamic Recomposition of Media Stream Relay Devices

Masaki Ito¹ Kenta Matsumiya¹ Hideyuki Tokuda^{1, 2}

¹Graduate School of Media and Governance, Keio University

²Faculty of Environmental Information, Keio University

There is an ongoing effort to develop frameworks to provide various services by coordinating home appliances. But coordination of AV devices require transporting media stream between AV equipments by relaying medeia stream by several AV devices, as well as commands for controlling them. In this paper, we assume an environment in which media stream are transmitted over heterogenious networks, and introduce Smart Connect System which generate media stream path between AV devices by searching and controlling medeia stream relay devices with the exchange of messages between AV devices. Using this system facilitates development of applications to coordinate AV devices including existing AV devices in home network environment.

1 はじめに

様々な機器が計算機能を備えネットワークに接続され、我々の身の回りに遍在するユビキタス環境 [11] が実現しようとしている。従来、機器やサービスの利用のためには、限られた可搬機器のほかは、ユーザは利用する機能を備えた機器のある場所まで出向く必要があった。しかしユビキタス環境においては、ユーザの位置や嗜好、様々なセンサ情報などを利用することで、ユーザの状況や環境に基づいて動的に機器を構成し、サービスを提供することが考えられる。Active Bat[10] や Smart Space Laboratory[7] などは、環境に様々なデバイスやネットワーク、センサを埋め込みユーザの位置や状態、嗜好などを反映させたサービスの提供を目指している。Jini[8] や UPnP[9]、VNA[5] などのミドルウェアは、こういった環境における動的な機器の構成や制御を可能とするミドルウェアである。

こうしたユビキタス環境における機器の動的選択や組み合わせ技術の適応先のひとつとして、ホームネットワークに接続された AV 機器が想定されている。AV 機器をネットワーク化し制御することで、複数の AV 機器を組み合わせたサービスを提供できる。しかし、AV 機器の組み合わせには AV 機器特有の問題が存在する。多様なフォーマットやメディアを取り扱う AV 機器同士を接続するためには、機器の機能や接続状況に応じて複数の機器を中継させて AV 機器同士を接続し、入出力 AV 機器間に適切なストリーム経路を生成する必要がある。AV 機器に特化せず様々な機器を用いてユビキタス環境を充実させるミドルウェアにとって、このような AV 機器固有の問題は大きな障害となる。

本研究では、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 機器間のメディアストリーム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実現する。

Smart Connect システムの提供する 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。

本稿では、第 2 節で AV 機器の協調動作における AV 機器間接続の問題点を述べる。第 3 節では、AV 機器接続機構である Smart Connect システムの設計を述べ、

本稿では、第 2 節で AV 機器の協調動作における AV 機器間接続の問題点を述べる。第 3 節では、AV 機器接続機構である Smart Connect システムの設計を述べ、

第4節で実装とアプリケーション例を示す。第5節において評価を行ない、第6節において関連研究との比較を行う。最後に第7節において、まとめと今後の課題を述べる。

2 AV機器の協調動作とメディアストリーム経路生成

本稿では、映像や音楽の鑑賞に用いる機器一般をAV機器と呼ぶ。本節では、AV機器の協調動作の際にメディアストリーム経路の生成が必要であることを指摘し、その際の問題点と経路生成機構の機能を明らかにする。

2.1 AV機器のネットワーク化と協調動作

多くのAV機器が、単独ではなく複数台を協調動作させ利用される。ホームネットワーク技術の進展により、メディアストリーム中継機器の組み合わせは飛躍的に複雑になると考えられる。

2.1.1 AV機器のネットワーク化

AV機器同士の協調動作の実現や様々なミドルウェアからのAV機器利用を目的に、AV機器のネットワーク化が行われている。AV機器をネットワーク化することで、ネットワークを経由した制御や状態情報の取得が実現される。また、メディアストリームのネットワークを利用した送受信も可能となる。メディアストリームの送受信には、IPベースのネットワークのほか同軸ケーブル上のデジタル信号やアナログ信号など、様々なアーキテクチャやメディアフォーマットの混在するヘテロジニアスなネットワークが想定される。

2.1.2 AV機器の協調動作

AV機器利用者や、JiniやVNAなどホームネットワーク環境で動作するミドルウェアが複数のAV機器を制御することで、AV機器の協調動作が実現する。AV機器の協調動作の際は、ビデオデッキやDVDプレーヤといったメディアストリームを生成するAV機器から、スピーカやディスプレイのようなメディアストリームを環境に対し実体化する機器へ、メディアストリームが配送される。本稿では、以降メディアストリームを生成するAV機器を入力元AV機器、メディアストリームを実体化するAV機器を出力先AV機器と定義する。また、セレクトやメディアフォーマット変換機器といったAV機器をメディアストリーム中継機器と定義する。

AV機器が多数存在する場合、複数のメディアストリームを選択するセレクトの適切な設定が必要である。また、IEEE1394やアナログなどヘテロジニアスなネットワークが混在する環境では、メディアフォーマットを変換しネットワークを仲介する機器を適切に設定する必要がある。さらに、映像や音楽に効果を加えるような機器を中継させることで、ユーザのより高度なメディア鑑賞を実現する。このように、多様なAV機器が接続されたホームネットワーク環境では、メディアストリーム配送の実現や高度な映像や音楽の鑑賞の実現のために、複数のメディアストリーム中継機器の協調動作が必要となる。

2.2 入出力AV機器間のメディアストリーム経路生成

AV機器の協調動作では、メディアストリームは入力元AV機器から出力先AV機器へ複数のメディアストリーム中継機器で中継されながら伝達される。この時、入力元AV機器から出力先AV機器へは、メディアス

トリームが通過する経路が生成される。AV機器の協調動作は、入力元AV機器から出力先AV機器へのメディアストリーム経路生成と捉えることができる。

2.2.1 AV機器間経路生成における問題点

入出力AV機器間の経路生成には、いくつかの困難が存在する。第一は、入出力AV機器間に接続されるメディアストリーム中継機器の選択である。多様なネットワークに接続され、様々な機能を持つAV機器の中から中継機器を探すのは困難である。第二の問題は、多様なAV機器が存在することによる制御方法やメディアストリーム転送のフォーマットやアーキテクチャの差異である。第三の問題は、ホームネットワーク環境の変化に対する対応である。新たな機器の接続や機器の状態の変更に応じた機器の選択や機器の制御は複雑である。ホームネットワーク上のアプリケーションにおける問題を解決するため、本研究では入出力AV機器間のメディアストリーム経路生成機構を構築する。

2.2.2 経路生成機構の機能

経路生成機構に必要なとされている機能を述べる。

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機器の検索や設定といった手順を隠蔽し、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せずに入出力AV機器間のメディアストリーム通信経路を生成する必要がある。

拡張性

拡張性とは、様々な制御方法や接続方式を持った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。

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。

3 AV機器間接続機構の設計

本節では、入出力AV機器間のメディアストリーム通信経路の生成を実現する機構であるSmart Connectシステムの設計について述べる。

3.1 Smart Connectシステムの構成

図1に、Smart Connectシステムの全体像を示す。

3.1.1 ハードウェア構成

Smart Connectシステムは、以下のハードウェア構成を必要とする。

- 各AV機器上、またはAV機器を制御する計算機上でSmart Connectモジュールが動作し、モジュール同士がネットワークを利用し通信できること
- AV機器同士が何らかのネットワーク上でメディアストリームを交換できること
- Smart Connect管理モジュールの動作のために、ユーザからの入力操作が可能な計算機が存在すること

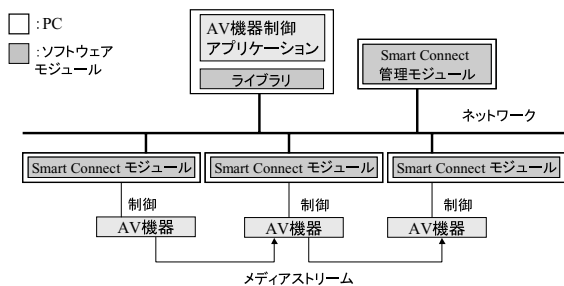


図 1: Smart Connect システム 全体図

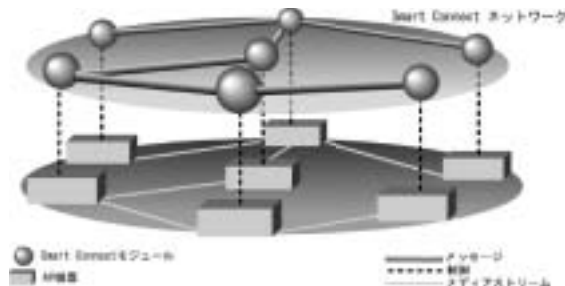


図 2: Smart Connect ネットワーク

3.1.2 ソフトウェア構成

Smart Connect システムは以下の3つのモジュールから構成される。

Smart Connect モジュール

Smart Connect モジュールは、AV 機器上、または AV 機器を制御する計算機上で動作し、AV 機器を制御、管理する。また Smart Connect モジュール間でメッセージ交換を行い、協調動作を実現する。

Smart Connect 管理モジュール

Smart Connect 管理モジュールは、ソフトウェア的な検知が不可能な AV 機器間のアナログ接続の状況を、Smart Connect モジュールへ通知するユーザインタフェースを提供する。

ライブラリモジュール

入出力 AV 機器の指定で経路生成を行う API を提供し、アプリケーションによる Smart Connect システムの利用を実現する。

3.2 Smart Connect システムの特徴

Smart Connect システムは、以下の特徴により AV 機器間接続機構の機能を満たす。

中継 AV 機器透過の 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、出力先機器を指定することで入出力 AV 機器間の経路生成を実現する 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 機器間の経路生成に必要な AV 機器を検索、制御する。そのため、アプリケーションは入力元の AV 機器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。この API により、簡易性を実現する。

Smart Connect ネットワークの形成

Smart Connect モジュール同士は AV 機器同士の接続状態に対応してメッセージ交換を行う。この時形成されるネットワークを Smart Connect ネットワークと呼び、図 2 に、概要を示す。Smart Connect ネットワークに関しては詳細を後述する。

Smart Connect システムは Smart Connect ネットワーク上でのメッセージ交換により動作するため、AV 機器同士がメディアストリームを交換するアーキテクチャやフォーマットを限定しない。また、赤外線や IEEE1394[4]、RS-232C による制御など、様々な制御方式に対応する Smart Connect モジュールを用意することで AV 機器の制御方法に依存しない動作が可能となる。これらの特徴により、拡張性が実現されている。

自律的協調動作

Smart Connect システムは、Smart Connect ネットワーク上のメッセージ交換により動作し、特定のホストの存在に依存しない。そのため、様々なミドルウェアとの協調が容易なほか、AV 機器間の接続が切断されたときの接続の継続も容易である。この特徴により、堅牢性を実現している。

なお、Smart Connect システムにおいては既存の AV メディアストリームアーキテクチャへの対応も考慮して、ソフトウェア的な検知が困難なアナログ機器間の接続管理モジュールを通して利用者に入力させている。このため、堅牢性を完全に満たしているとはいえない。

3.3 AV 機器のモデル化

Smart Connect モジュールが AV 機器を管理する際、AV 機器を複数の機能の集合と捉え、図 3 のように階層化しモデル化する。本モデル化での AV 機能や AV インタフェースは、Smart Connect ネットワークにおいてノードとして取り扱われる。

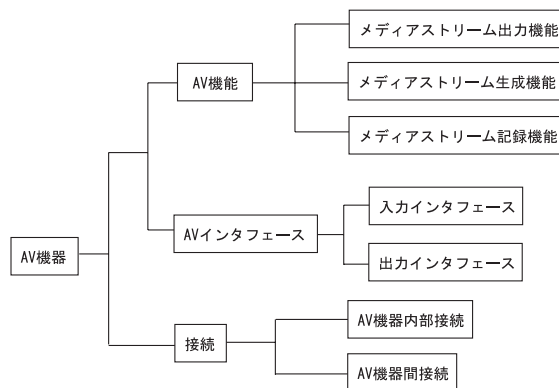


図 3: AV 機器モデル化

- AV 機能

メディアストリームの生成や出力、記録を行う機能の総称であり、以下の3つに分類する。

- － メディアストリーム生成機能
CD 再生機能やビデオカセット再生機能、BS 放送受信機能など様々なメディアからデータを取りだしメディアストリーム化する機能をメディアストリーム生成機能と定義する。
- － メディアストリーム出力機能
環境に対し、メディアストリームを出力する機能をメディアストリーム出力機能と定義する。オー

ディオデータを音に変換するスピーカや、ディスプレイ装置などが相当する。

- メディアストリーム記録機能
HDD レコーダや VTR など、映像や音楽信号を記録する機能をメディアストリーム記録機能と定義する。

- AV インタフェース

他の AV 機器との間でメディアストリームの送受信を実現するため、AV 機器が備える IEEE1394 端子や RCA 端子といったインタフェースをこのように総称し、以下のように分類する。

- 入力インタフェース
AV 機器にメディアストリームを入力するためのインタフェース。
- 出力インタフェース
AV 機器からメディアストリームを出力するためのインタフェース。

- 接続

AV 機能や AV インタフェース間でのメディアストリームの通信を介在するものを接続と総称し、以下のように分類する。接続は単一方向とし、双方向の場合二つの接続が存在するとみなす。

- AV 機器内部接続
AV 機器内部で、AV 機能間や AV インタフェース間の接続を表す。AV 機器のモデル化においては、接続性の有無を AV 機器内部接続の有無で表す。
- AV 機器間接続
AV 機器間の接続を表す。2 つの AV 機器の入力インタフェースと出力インタフェース間に存在する。

3.4 Smart Connect ネットワーク

Smart Connect ネットワークは、ノードとノード間の接続により構成される。前述の AV 機器のモデル化を受け、Smart Connect ネットワークの詳細を考察する。

ノード

Smart Connect ネットワークでは、AV 機器のモデル化における各 AV 機能、及び各 AV インタフェースに対応してノードを置く。Smart Connect ネットワーク上のノードを Smart Connect ノードと総称し、それぞれをメディアストリーム出力、生成、記録機能ノード、入力、出力インタフェースノードと呼ぶ。

ノード間の接続

Smart Connect ノード間の接続を、Smart Connect 接続と定義する。Smart Connect 接続は、AV 機器内部 Smart Connect 接続と AV 機器間の Smart Connect 接続に分類される。

経路と経路 ID

入出力 AV 機器間の経路には Smart Connect ノードとノード間の接続の集合が対応する。これを Smart Connect ネットワークにおける経路とする。経路には固有の値がつけられ、経路 ID と呼ぶ。メッセージに経路 ID を指定することで、ノード間で経路に沿ったメッセージ通信が可能になる。

メッセージ

Smart Connect ネットワーク上のメッセージ交換により、メディアストリーム経路の検索や生成、復元などが行われる。これらの実現のために Smart Connect ノード間で交換されるメッセージを示す。

- 経路検索メッセージ

入出力 AV 機器間の経路生成時に、入力元 AV 機器のメディアストリーム生成機能ノードを始点に経路検索メッセージが発行される。経路検索メッセージは表 1 の情報を持つ。各 Smart Connect ノードで経路検索メッセージの情報を元に適切な接続が選択されメッセージが転送される。

表 1: 経路検索メッセージ

項目	内容
経路 ID	生成する経路を示す固有の値
入力機能名	入力 AV 機器名と機能名
出力機能名	出力 AV 機器名と機能名
検索方針	ホップ数優先 or 経路品質優先

- 経路検索失敗メッセージ

経路検索に失敗した際に発行されるメッセージ。経路 ID を持ち、ID で示された経路上を伝達され、経路検索の起点となるメディアストリーム生成ノードに経路検索の失敗が通知される。

- 経路生成メッセージ

経路生成に成功した後、経路の終点となるメディアストリーム出力機能から始点である生成機能へ、成功を通知するメッセージ。経路 ID をもち、ID で示された経路上の全ノードが本メッセージを伝達することにより経路の生成を知る。

- 経路復元要求メッセージ

経路切断を検知した AV インタフェースから、経路の始点である入力元 AV 機器のメディアストリーム生成機能宛てに伝達される。経路 ID を持つ。

- 経路破棄メッセージ

経路の始点となる入力元 AV 機器のメディアストリーム生成機能から伝達される。経路 ID を持つ。

- AV 機器広告メッセージ

AV 機能情報を伝達するメッセージ。表 2 の項目を持つ。すべてのメディアストリーム出力、記録機能ノードが定期的に広告するほか、新たに AV 機器が接続されたときにも広告される。Smart Connect ネットワーク上で伝達可能なすべてのノードへ広告される。

表 2: AV 機器広告メッセージ

項目	内容
AV 機器名	AV 機器の名前を示す文字列
AV 機能名	AV 機器機能の名前を示す文字列
AV 機能属性	生成 or 出力 or 記録
対応メディア	映像 or 音声 or 映像+音声
経路ホップ数	広告中に増加する
経路品質	広告中に設定される

3.5 Smart Connect モジュール

図 4 に Smart Connect モジュールの詳細を示す。本モジュール図は、図 1 や図 2 における Smart Connect モジュールの一つを取り出したもので、一つの AV 機器に対応する。以降の説明は、この図に基づき行う。Smart Connect モジュールは、Smart Connect イベント通信モジュール、AV 機器制御モジュール、AV 機器リソース管理モジュールで構成される。

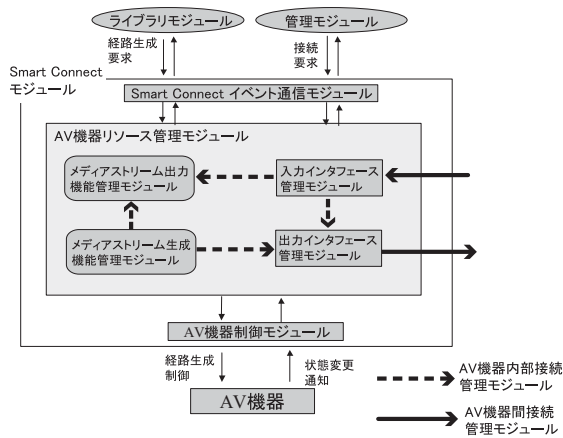


図 4: Smart Connect モジュール詳細図

3.5.1 AV 機器リソース管理モジュール

AV 機器リソース管理モジュールでは、Smart Connect ノードや、ノード間の接続である Smart Connect 接続といった Smart Connect ネットワークの構成要素を管理する。また、AV 機器リソース管理モジュールで変更の AV 機器制御モジュールへの通知や、AV 機器制御モジュールからの機器状態変更通知の適切なモジュールへの伝達を行う。以下では、AV 機器リソース管理モジュール内の各モジュールの機能を説明する。

3.5.2 Smart Connect ノードの機能

メディアストリーム生成、出力、記録機能管理モジュールや入出力インタフェース管理モジュールは、すべて Smart Connect ノードとして動作する。Smart Connect ノードは、複数の接続をもち、メッセージの送受信を行う。以下に Smart Connect ノード共通の機能を示し、さらに各モジュール独自の機能を示す。

メッセージ転送機能

メッセージの転送は、経路検索メッセージ、AV 機器広告メッセージ、その他のメッセージに分類される。各メッセージ毎のメッセージ転送機能の詳細を以下に示す。

- 経路検索メッセージの転送
受信した経路検索メッセージを、適切な接続に転送する。この機能のため、経路選択テーブルを保持する。表 3 に経路選択テーブルが保持する情報を示す。表 3 の内容を到達可能なすべての AV 機器に対し保持する。本テーブルは、新たな AV 機器広告を受信した時に追加され、接続が失われたときや一定時間以上 AV 機器広告が跡絶えた時に削除される。検索条件に適合した接続がある場合、検索メッセージを適合する接続に伝達し、経路 ID などの情報を後述する通過メッセージ情報保持テーブルに追加する。適合した接続が存在しない場合、検索失敗メッセージを生成し検索メッセージを受信した接続に送る。
- AV 機器広告メッセージの転送
AV 機器広告メッセージの受信時、経路選択テーブルを更新した後入力するすべての接続に複製され転送される。
- その他のメッセージの転送
その他のメッセージは、メッセージの持つ経路 ID に基づき通過メッセージ情報保持テーブルを参照され、

表 3: 経路選択テーブル

項目	内容
AV 機能名	出力 AV 機器と機能名
対応メディア	映像 or 音声 or 映像+音声
AV 機能属性	出力 or 記録
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
到達接続	出力 AV 機器へ到達する接続名
接続状態	接続の通信状況
最終広告時刻	最後に AV 機器広告が行われた時刻

メッセージを受信した接続とは反対側の接続に転送される。通過メッセージ情報保持テーブルは、通過メッセージの経路 ID、入力接続、出力接続を保持する。

経路復元要求メッセージ発行機能

接続の切断を検知すると、接続の上流側に位置する Smart Connect ノードは通過メッセージ情報保持テーブルから切断された接続を利用する経路を検索し、その経路に対して経路破棄メッセージを流す。下流側に位置するノードは、経路復元要求メッセージを流す。経路復元要求メッセージは経路の始点となるメディアストリーム生成機能まで伝達され、経路が再検索される。

各 Smart Connect ノードの独自機能

- メディアストリーム生成機能管理モジュール
Smart Connect ノード一般の機能に加え、検索メッセージ生成機能を持ち検索の起点となる。また、経路復元要求メッセージ受信時には、経路 ID に基づき再び同一の経路検索メッセージを伝達する。
- メディアストリーム出力機能管理モジュール
Smart Connect ノード一般の機能に加え、AV 機器広告メッセージを生成し、定期的に広告する機能を持つ。また、経路検索メッセージ到達時に経路生成メッセージを生成し、メッセージを受信した接続に送る機能を持つ。
- メディアストリーム記録機能管理モジュール
メディアストリーム出力機能と同様の機能を持つ。
- 入力インタフェース管理モジュール
Smart Connect ノードモジュール一般の機能に加え、インタフェースが接続可能な物理的、ソフトウェア的な要件を保持する。
- 出力インタフェース管理モジュール
入力インタフェース管理モジュールの機能に加え、Smart Connect 管理モジュールからのインタフェース間接続要求を受け、対応する入力インタフェース管理モジュールと通信して AV 機器間接続を設定する機能を持つ。

3.5.3 Smart Connect 接続の機能

AV 機器内部接続管理モジュールと AV 機器間接続管理モジュールは、Smart Connect ノード間の接続の情報を保持する。表 4 に、両モジュールが保持する情報の詳細を示す。

AV 機器広告メッセージ通過時の動作

通過する AV 機器広告メッセージのホップ数を 1 増やさせ、経路品質を設定する。経路品質は、経路品質情

表 4: 接続情報

項目	内容
通過メディア	映像 or 音声 or 映像+音声
映像品質	接続を通過する映像の品質
音声品質	接続を通過する音声の品質
経路状態	利用可, 利用中, 設定不可など

報を持たない場合は接続管理モジュールの経路品質を、経路品質情報を持つ場合は、AV 機器広告メッセージの持つ経路品質情報と接続管理モジュールの持つ経路品質情報の劣っている方を AV 機器広告メッセージの経路品質に設定する。この操作により、AV 機器広告メッセージの経路ホップ数と経路品質情報が更新される。

経路生成メッセージ通過時の動作

経路生成メッセージが通過すると、接続管理モジュールは AV 機器制御モジュールに対し接続を有効化する制御を依頼する。

経路破棄メッセージ通過時の動作

経路破棄メッセージが通過すると、接続管理モジュールは AV 機器制御モジュールに対し接続を無効化する制御を依頼する。

その他のメッセージ

その他のメッセージは、接続管理モジュールをそのまま通過する。

3.5.4 AV 機器制御モジュール

AV 機器制御モジュールは、AV 機器リソース管理モジュールによる AV 機器管理や制御と、実際の AV 機器の動作や制御とを仲介する。AV 機器リソース管理モジュールから伝達される AV 機器制御命令を AV 機器固有の制御命令に変換し、AV 機器固有の制御方法を利用して AV 機器を制御する。AV 機器状態の変更が通知された場合は、AV 機器リソース管理モジュールに通知する。

本モジュールは AV 機器の機能や制御方法ごとに独自のモジュールを必要とする。本モジュールを用意することで、様々な AV 機器を Smart Connect システムに対応させることができる。

3.5.5 イベント通信モジュール

Smart Connect システムにおけるイベント情報の通信を行う。ライブラリモジュールとの通信や Smart Connect 管理モジュールとの通信、及び Smart Connect 同士の接続要求が、本モジュールを通じて AV 機器制御モジュールへ伝達される。

3.6 ライブラリモジュールと API の詳細

ライブラリモジュールは、アプリケーションとともに動作し、アプリケーションに対して入出力 AV 機器間の経路生成を実現する関数を提供する。経路生成を実現する関数は 3 つの引数を持ち、それぞれ、入力元 AV 機器名とメディアストリーム生成機能名、出力先 AV 機器名とメディアストリーム出力機能名、および検索オプションを指定する。検索オプションは、複数の経路が存在するときに経路の選択に利用され、経路品質優先か経路ホップ数優先かを指定する。出力先 AV 機器を指定しない検索も可能であり、その際は検索条件のみから出力先 AV 機器が検索される。関数の戻り

値として経路 ID が返される。経路切断を実現する関数は、経路 ID を引数に渡すことでアプリケーションによる経路の切断を実現する。

ライブラリモジュールでは、経路の始点となる AV 機器に対応した Smart Connect モジュールに対して Smart Connect イベント通信モジュールを通じてアプリケーションからの要求を伝達する。

3.7 Smart Connect 管理モジュール

Smart Connect 管理モジュールは、AV 機器間の接続状況を Smart Connect システムに伝達するためのユーザインタフェースを提供し、接続される Smart Connect モジュールに接続命令を発行する。ユーザは、接続する AV 機器名及びインタフェース名の組を本モジュールを通して指定する。Smart Connect 管理モジュールは、Smart Connect イベント通信モジュールを通して出力インタフェースを備える Smart Connect モジュールに、入力 AV 機器名及び入力インタフェース名、入力側 Smart Connect モジュールのアドレスを通知する。

4 Smart Connect システムの実装

本節では、Smart Connect システムの実装について述べる。

4.1 実装環境

実装は、様々な計算機や AV 機器、センサなどがネットワーク化され埋め込まれた Smart Space Laboratory[7]で行った。Smart Connect システムの実装は様々な OS や CPU 上での動作が可能な Java 言語を用いて行ない、様々な OS に依存する AV 機器制御に対応した。AV 機器の制御部分は C 言語を用いた。

図 5 に、Smart Space Laboratory における実装の全体図を示す。

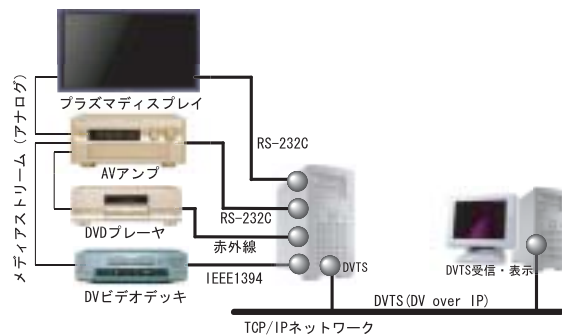


図 5: Smart Connect システム 実装全体図

4.2 利用 AV 機器

AV 機器は、主に市販の AV 機器を利用した。また、IP ネットワーク上で DV ストリームを流すアプリケーションとして、DVTs[6] を利用し、DVTs がインストールされた PC も AV 機器として取り扱った。AV 機器の制御には、RS-232C、IEEE1394 上の AVC コマンド [3]、赤外線を持ちいた。

4.3 通信プロトコルの実装

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、デバッグの容易さその他、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。

4.4 実装における名前解決

AV 機器名と AV 機能名から IP アドレスとポート番号を取得する仕組みとして、マルチキャストを利用した名前解決システムを実装し利用した。今回の実装では、単一のネットワーク上で Smart Connect システムを動作させたため、このような簡易的な実装でも十分実用となった。

4.5 実装アプリケーション

Smart Connect システムを利用したアプリケーションとして、以下の 2 つのアプリケーションを構築した。

4.5.1 AV 機器接続切替システム

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。

4.5.2 Follow Me TV システム

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 6 に、Follow Me TV システムの概念図を示す。



図 6: Follow Me TV システム概念図

5 評価

本節では、Smart Connect システムの評価を行なう。実装した Smart Connect システムのパフォーマンスを測定することにより、Smart Connect システムがホームネットワークにおいて用いるのに妥当な性能を持つことを示す。また、Smart Connect システムを用いることで AV 機器協調アプリケーションの開発が容易になることを定性的に示す。

5.1 測定環境

測定には表 5 の環境を利用し、ホームネットワーク内の単一の計算機が複数の AV 機器を制御する環境を想定してすべての測定は単一の計算機上で行なった。なお、Smart Connect システムの動作はシステム自体の動作と AV 機器に依存する AV 機器制御の処理とに分

かれているが、測定においては仮想的な AV 機器を利用することでシステム自体のパフォーマンスを測定した。

表 5: 測定環境

CPU	Celeron 500MHz
メモリ	320MB
OS	Linux 2.4.16

5.2 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。

5.2.1 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メッセージが生成され、経路生成メッセージが戻ってくるまでの時間である。

また、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。

なお、AV 機器に対する実際の制御は、各モジュールにおいてメッセージの通過後に並行的に行なわれる。

5.2.2 測定結果

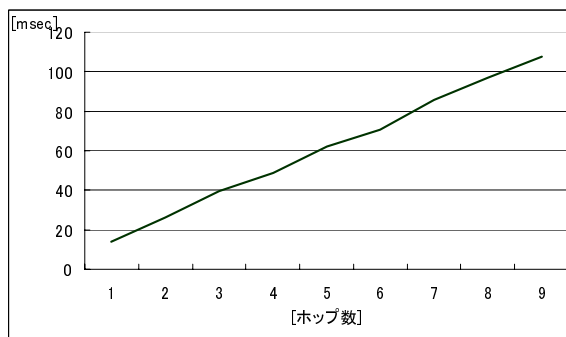


図 7: 経路生成時間の測定結果

図 7 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。

5.3 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、9 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、ホームネットワークにおいて利用するのに十分なパフォーマンスがあると考えられる。

5.4 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 8 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。AV 機器の検索や、


```

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

切断時:
smartConnect.Disconnect(connectionID);

```

図 8: AV 機器間の経路生成, 切断を実現するコード

複数の AV 機器に対する制御が本システムを利用することで一つの関数の呼び出しだけで記述できる。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。

6 関連研究

本節では, 関連研究として HAVi[2] の Stream Manager と STONE[12] を挙げ, Smart Connect システムと AV 機器間経路生成機構としての機能を比較する。

AV 機器のネットワーク化を目的とし, IEEE1394 を利用した HAVi という規格がソニーやフィリップス, 松下電器などによって策定されている。HAVi を利用することでユーザインタフェースを含めた複数の AV 機器の協調動作が可能となる。HAVi では, AV 機器同士の接続は Stream Manager によって管理されている。

STONE 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。

簡易性

メディアストリーム中継機器を利用して AV 機器同士を接続する場合, HAVi や STONE では中継する機器を指定する必要がある。また, 機器の指定の際はフォーマットなどを考慮する必要がある。

拡張性

様々な接続方法や制御方法の AV 機器に対応する拡張性という点で, HAVi では, ゲートウェイを利用することで 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。

堅牢性

障害時に別の 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堅牢性を比較した。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, メディアストリーム送受信の帯域の保証や, 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おり, 堅牢性を備えている。

7 おわりに

本稿では, 入出力 AV 機器間のメディアストリーム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。ホームネットワー

ク環境でアプリケーションが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。

Smart Connect システムは, AV 機器間経路生成機構に必要な簡易性, 拡張性, 堅牢性を備えている。またホームネットワーク環境で利用するのに十分なパフォーマンスと利用しやすさが示された。

今後の課題

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扱っている。今後普及が見込まれる, IEEE1394 で接続され, HAVi に対応した AV 機器賭協調して, 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。

また, 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[1] 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。

参考文献

- [1] Bray, T., Paoli, J., Sperberg-McQueen, C., and Maler, E.: Extensible Markup language (XML) 1.0 (Second Edition), <http://www.w3.org>, (2000).
- [2] The HAVi Organization: Specification of the Home Audio/Video Interoperability (HAVi) Architecture version 1.1, <http://www.havi.org>, 2001. Home Audio Visual interoperability (HAVi); <http://www.havi.org>.
- [3] IEEE1394 Trade Association: <http://www.1394ta.org/>(1998).
- [4] IEEE Standard for a High Performance Serial Bus, <http://www.ieee.org>, 1995.
- [5] Nakazawa, J., Tobe, Y., and Tokuda, H.: On Dynamic Service Integration in VNA Architecture, 電子情報通信学会論文誌, VOL.E84-A, No.7 JULY 2001.
- [6] Ogawa, A., Kobayashi, K., Sugiura, K., Nakamura, O., and Murai, J.: Design and Implementation of DV based video over RTP, Packet Video Workshop 2000.
- [7] Okoshi, T., Wakayama, S., Sugita, Y., Iwamoto, T., Nakazawa, J., Nagata, T., Furusaka, D., Iwai, M., Kusumoto, A., Harashima, N., Yura, J., Nishio, N., Tobe, Y., Ikeda, Y. and Tokuda, H.: Smart Space Laboratory Project: Toward the Next Generation Computing Environment, IEEE Third Workshop on Networked Appliances (IWNA) 2001, 2001.
- [8] Sun Microsystems, Inc.: Jini Architecture Specification, <http://www.javasoft.com/products/jini/specs/jini-spec.pdf>(1998).
- [9] Universal Plug and Play Forum: Universal Plug and Play (UPnP); <http://www.upnp.org>(1999).
- [10] Ward, A., Jones, A. and Hopper, A.: A New Location Technique for the Active Office, IEEE Personal Communications Magazine, Vol.4, No.5, October 1997, pp.42-47.
- [11] Weiser, M.: The Computer for the Twenty-First Century, Scientific American, Vol.265, No.3, pp.94-104(1991).
- [12] 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, Jun 2000.