

Appliance Bonding: 情報家電間連携の動的な指示手法

河口信夫¹ 梶 克彦² 稲垣康善²

1) 名古屋大学情報連携基盤センター 2) 名古屋大学大学院工学研究科

はじめに 近年の情報技術の進展により、いわゆる計算機だけではなく、テレビや冷蔵庫、エアコンといった家電製品までもが情報ネットワークに参加する状況が実現しつつある。しかし、現状では、ほとんどの機器は特定用途に限られた通信機能のみを持ち、他の機器との連携や、動的な拡張等には対応していない。本研究では、家庭やオフィスの情報機器において、事前の設定なしに利用できるアドホックネットワークを構築し、その上で機器間の連携を動的に設定する Appliance Bonding という手法を提案する。本手法では、基本ネットワークの上に、情報機器間で意味的なネットワークを動的に構築する。また、ネットワークの構築は、各機器を独立に設定する必要はなく、一つの機器から他の機器を操作することが可能になる。

キーワード アドホックネットワーク、モバイルエージェント、情報家電、家電ネットワーク

Appliance Bonding : Dynamic Configuration Method for Cooperation of Information Appliances

Nobuo KAWAGUCHI¹ Katsuhiko KAJI² Yasuyoshi INAGAKI²

1)Information Technology Center, Nagoya University 2)Graduate School of Engineering, Nagoya University

Abstract Recent advancement of technology enables the network connections for various kinds of information appliances. However, most of these appliances only have fixed set of the communication functions. In this paper, we propose a dynamic configuratino method named “Appliance Bonding”. It enables the easy configuration of the cooperation among various kinds of appliances. By virtue of remote controll feature of the method, one can controll whole devices from the single terminal.

keywords Adhoc Network, Mobile Agent, Information Appliance, Home Network

1 はじめに

近年、様々な情報家電が登場し、利用されるようになりつつある。例えばすでにテレビ、冷蔵庫、FAX、エアコンなどに多数のコンピュータが導入されており、ネットワークへの接続の可能である。しかしながら、これらの情報家電は、基本的に単独での利用しか考えられていない。すなわち、ステレオや冷蔵庫を、人が持ち込んだノートブック PC や PDA と連携させて、PC 上の音楽データをステレオから再生したり、冷蔵庫の中身を PDA で転送するといったことはほとんど考えられていない。このように、すでに多数の情報家電が存在するにもかかわらず、機器間で連携がとられていない理由としては、各機器をできる限り安価に実現するために、最小限度のハードウェア及びソフトウェアしか持たないこと、および、情報家電機器間での連携用のミドルウェアが整

備されていないことなどが挙げられる。また、様々な連携動作を動的に行うための基盤技術はこれまで十分に研究されてこなかった。今後、より多様性を増すであろう情報家電機器に対し、動的に連携の指示や拡張が可能な手法が望まれている。

一方、我々はすでに、ノート PC 等においてアドホックネットワークに対応したモバイルエージェントシステム MAGNET[1] 及び cogma システム [8] を構築してきた。このシステムでは、無線通信等で接続されたノート PC 間で、モバイルエージェントを用いてアドホックネットワークを手軽に構築できる。さらに我々は様々なアプリケーションを MAGNET 上のモバイルエージェントを用いて実現してきた [2, 5]。MAGNET や cogma のモバイルエージェントはシンプルな機構を持つため、複数のエージェントを用いたプロトコルの実現や、ファイル管理システム、グループ管理システム等の分散協調ソ

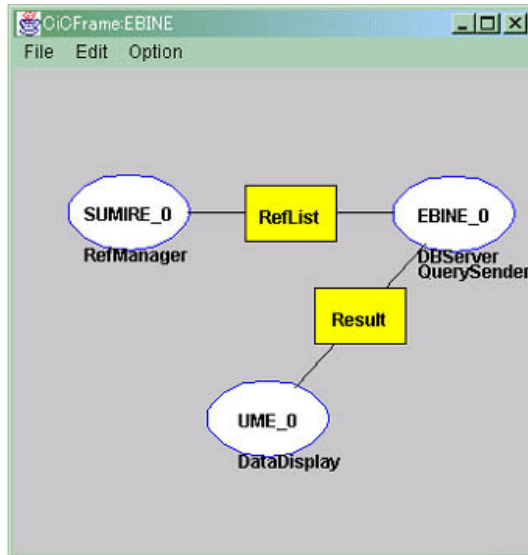


図 1: Appliance Bonding の例

フトウェアを容易に構築することができる。

本研究では、家庭やオフィスにおける多様な情報機器に対し、事前の設定なしに、また特定のサーバを必要とせずに利用できるアドホックネットワークを構築し、その上で機器間の連携アプリケーションを動的に実現する手法を提案する。本手法では、移動ソフトウェアの技術を導入し、実行時のソフトウェアインストールを可能にする。また、遠隔操作の機能を持つため、操作パネルを持たない機器に対しても、連携動作の設定を容易に行うことができる。

以下、2章において情報家電間の動的な連携を行うために必要なソフトウェアシステムの機能について検討し、3章以降で、我々が開発しているミドルウェア cogma の設計と実装について述べる。また4章では Appliance Bonding を実現したプロトタイプシステムについて述べる。

2 情報家電間の動的な連携

本研究で対象とする情報家電は、ネットワークを介して通信が可能であるものとする。また、アドホックネットワークを積極的に利用するためには、リンクの断続検知や他ノード検知の機能が必要である。

本研究では、情報家電間の連携を意味的に表すネットワークとして、「Appliance Bonding」を提案する。Appliance Bonding は、情報家電間を特定の操作で関係づけることによって、連携動作の設定、及び実現を行なう。図1に Appliance Bonding の設定例を示す。ここでは3台の機器間に意味的なネットワークを実現しようとしている。また、各機器で利用される機能が各ノードに、通信されるデータの内容がリンク上のラベルとして示されている。

以下では、Appliance Bonding に必要となる機能

を挙げる。

- ・ アドホックネットワークを構成する機能
Appliance Bonding はアドホックネットワーク内で行われるため、システムはアドホックネットワークを構成する機能が必要である。
- ・ Appliance Bonding Network 構成機能
アドホックネットワーク上の任意の機器から、Appliance Bonding を行い、その結果、情報家電間で Appliance Bonding Network を構築する。
- ・ 任意の機器を遠隔操作する機能
情報家電同士の連携が実現できたとしても、一つ一つの機器の直接操作が必要であれば、複雑な作業が必要となる。利用したい情報家電を全て単一の端末から操作可能とする。
- ・ リンク監視機能
自機器の属する Appliance Bonding Network のリンクの動的変化を監視する機能。変化があった場合にはアプリケーションに通知させる。
- ・ 連携の保持機能
各機器はアドホックネットワークに動的に参加・退出を行う。連携の実行中にこのようなネットワークの動的変化があったとしても Appliance Bonding は明示的に切断するまで連携を保持する。
- ・ 機器や機能の探索機能
Appliance Bonding Network 中に存在する機器や機能を探索し、発見する機能。発見した機器・機能のリストを保持し、アプリケーションのプロパティを操作する際に、連携する機能を選択するときに使用する。
- ・ Bonding の再利用機能
過去の Bonding をを再び利用したい時がある。そこで一度連携した機能を自動的に再構成する機能が必要である。

また、各情報家電において Appliance Bonding を利用可能にするためには、以下の点について実装時に考慮すべきである。

- ・ 特定のアプリケーションとの連携を考慮しない
多様なアプリケーションとの連携ができるように各情報家電の機能を実装しなければならない。特定のアプリケーションの持つ関数や変数に依存してしまうと、そのアプリケーションとの連携のみしか行うことが出来なくなってしまい、機能の拡張性を欠いてしまうことになる。
- ・ プロパティの保持・通信
情報家電が持つ各機能ごとに変更可能なプロパティを保持し、Appliance Bonding システム側に通知する機能。変数の型や変更可能範囲を保持しておいて、システム側でプロパティの操作をすることによって情報家電の機能を操作する。また、連携する相手の機器や機能を決定

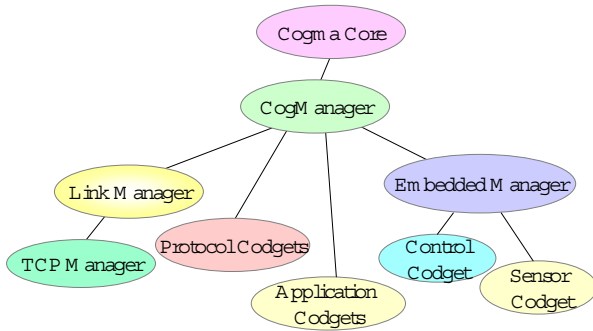


図 2: システムの階層構造

するために、Appliance Bonding Network 中の機器・機能リストの中から選択できる。

- ・ データの標準化
様々な情報家電が送受信するデータについて、各々のデータ形式を標準化しておく必要がある。

3 情報家電間の連携用ミドルウェア

本節では、Appliance Bonding を実現するための基盤システムとして利用する、情報機器間の動的連携用ミドルウェア cogma(Cooperative Gadgets for Mobile Appliances) の設計について述べる。前節で挙げた要件を満たすために、cogma では移動ソフトウェアの技術を採用した。ほとんどのコンポーネントを移動可能に設計することによって、拡張性を満たすことができる。また、移動ソフトウェアを用いた機器のリソース管理を行う。さらに、リソース管理を行うソフトウェアモジュールは、上位のモジュールマネージャによって管理される。

以下に cogma を構成するモジュールを示す(図 2)。

- ・ 基幹システム (Cogma Core)
ソフトウェアの動的管理を担当
- ・ Codget 管理 (CogManager)
各 Codget を管理
- ・ 通信リンク管理 (Link Manager)
各通信リンクを監視、Codget を送受信
- ・ 組み込み機器管理 (Embedded Manager)
センサやスイッチ等の機器固有のモジュールを管理
- ・ プロトコル Codget 群 (Protocol Codgets)
Codget 間通信プロトコルを実現
- ・ アプリケーション Codget 群 (Application Codgets)
各種連携アプリケーションを実現

CogManager 以下の各機能は、すべて Codget と呼ばれる基本コンポーネントで実現されているため、実行時の動的な入れ替えが可能である。

3.1 基本モジュール単位：Codget

cogma では、Codget と呼ぶソフトウェアモジュールを主に用いてシステムを構成している。Codget は外部から実行を停止させ、シリアルライズによって永続化が可能である。Codget は移動エージェントシステムにおける移動エージェントに対応しているが、リソース管理や、プロトコル、マネージャの実現にも用いられているため、必ずしも移動するわけではない。しかし、動的なシステム更新 [6] を行うために、永続化可能なモジュールとして実現されている。また、Codget が移動する場合でもプログラムコードは必ずしも同時に送付されず、必要に応じて送付が行われる。各 Codget は起動されたホストに対応したユニークな ID (CodgetID) を持つ。CodgetID は移動したり、永続化されても変わらないため、次節で説明する Codget 間通信で用いられる。

3.1.1 Codget 間通信

cogma では、簡略化のために、ホスト間通信や Codget 間通信のための機構をシステムとして特別に用意していない。その代わり、Codget 間の連携手法として RMI を単純化した手法を独自に実現し採用している。本手法では、同一 ID を持つ Codget が同じノード (CogManager) に登録されると、既存の Codget の onSame という関数が、登録された Codget を引数として呼び出される。これによって、既存の Codget から、登録された Codget を直接操作することを可能としている。また、この機能のため、同一ノード上では同じ ID を持つ Codget は同時に 2 つ以上は存在しない。

例えば、複数のノード間で情報収集を行う Codget を例として挙げる。この Codget は、一度、ローカルで登録された後に、複製を残して他ノードへ移動する。Codget が他ノードで情報収集を行った後に、ローカルノードへ帰ってくると、ローカルに残っていた Codget の onSame が呼び出されるため、帰ってきた Codget から必要なデータを取り出すことができる。このように、同一 Codget 間の情報同期が非常に簡単に行える点が本手法の特徴である。また、同一ノード内での通信と、別ノード間での通信が、ほぼ同一の手続きによって実現できる。

3.1.2 プロトコル Codget

互いに相手を知らない Codget 間の通信はプロトコル Codget によって実現される。ユニークな ID を持つ Codget と異なり、プロトコル Codget では TCP のポート番号のようにプロトコル毎に ID を定義する。一般に、プロトコルを実装するためには、プロトコル仕様に従ったプログラムを記述する必要がある。本手法では、プロトコル仕様ではなく、プロトコル Codget をライブラリとして配布することによって、プロトコルの実装がライブラリ呼び出しのみで実現できる。この機能が、通信が必須な連携ソフトウェアの実現を容易にしている。

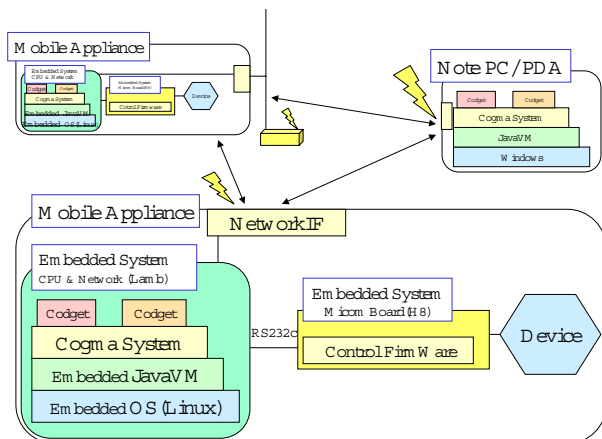


図 3: システム間の関係

3.2 Codget の管理

Codget を管理する CogManager は Codget に加え LinkManager や EmbeddedManager 等のマネージャも管理する。さらに、CogManager 自身を階層的に起動することが可能であり、システム構成を安全に外部から変更したり、同一ホスト上の CogManager 間にファイアウォールを導入し、安全なノードの構築が実現できる。

3.3 通信リンクの管理

cogma では、無線リンクや赤外線通信等、複数の通信リンクを用いることが可能である。リンクを管理するために、リンクマネージャが存在する。リンクマネージャはリンクの状態変化の通知、リンクを通じた Codget の移送を行う。ただし、リンクマネージャが管理するのは 1 ホップの通信のみである。マルチホップの通信の実現には、[1] で提案されているように、ネットワークプロトコルを実現する Codget が用いられる。

3.4 セキュリティとグループ管理

外部からネットワークを用いて制御可能なシステムでは、セキュリティへの対応が問題となる。cogma ではグループ管理 [5, 3] に基づく権限管理を行う。各ノードは複数の権限を持つグループに属しており、管理権限を持つグループ内で移送された Codget と、それ以外の Codget では、システム操作に対する権利が異なる。これによって、グループ外のシステムからの攻撃を回避できる。また、耐タンパハードウェアの利用 [7] も検討している。

4 プロトタイプシステム

様々な情報家電に直接 CPU を埋め込むことは、現状では困難であるため、cogma では複数の IO ポートを持つマイコンシステムを通じて様々な機器を制御することとした。機器制御用に 16bit マイコンの H8/3664 を採用し (図 4)、制御 CPU として PCMCIA 無線カード

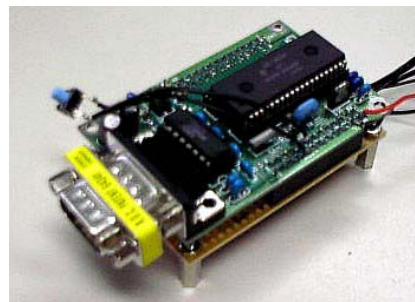


図 4: マイコンモジュール (AKI-H8)

を装備した LAMB-EM-01 (5x86, 133MHz: 図 5) を採用した。この間は RS232C ケーブルで接続される (図 3)。H8 マイコンでは赤外線万能リモコンが実現可能なので、リモコン制御可能な機器が制御できる。LAMB-EM-01 上では、Linux および Personal Java 1.1.3 が動作している。cogma は PC 上や PDA (SHARP Zaurus) でも動作するため、これらの間での連携ソフトウェアをプロトタイプとして構築している。

4.1 カクテルレシピシステム

Appliance Bonding の利用例として、カクテルレシピシステムを実現した。このシステムは

- ・ 冷蔵庫管理システム
- ・ データベース管理システム
- ・ 携帯端末

の 3 点から構成される。今回の実装では、図 6 に示すように各機器の動作を表示するためにすべてノート PC を用いて実装した。

本プロトタイプシステムでは、ユーザは、現在の冷蔵庫の内容から作れるカクテルのリストを取り出したり、不足する材料を携帯端末上の買い物リストに追加することができる。

以下、動作の概要を説明する。まず、ユーザが冷蔵庫に出し入れたカクテルの材料が、バーコードリーダが接続された冷蔵庫管理システムによって把握される。また、冷蔵庫とデータベース間には Appliance Bonding が存在し、冷蔵庫の中身が変化するたびにデータがデータベースに送られることになる。データベースには、様々なカクテルのレシピが入っている。冷蔵庫の中身を持ちいた SQL 文によって、現在の材料で作れるカクテルや、足りない材料を得ることができる。ユーザは携帯端末をデータベースに接続することによって、冷蔵庫から送られたデータをデータベースを通し、お買い物リストとして端末上で得ることができる。

5 関連研究

関連する枠組として、Jini [9] や Hive [10] が挙げられる。しかし、これらは共に Java の RMI を利用してい



図 5: 組み込み PC モジュール (LAMB-EM-01)



図 6: プロトタイプシステム (冷蔵庫)

るため、アドホックネットワークへの対応やマルチリンクへの対応が行えない。また、Jini は Lookup サーバによって、サービス利用者とサービス提供者が明確に分かれている点で、各ノードへ Codget を動的に移動可能な cogma と異なる。

動的連携を行うシステムとしては、STONE[11] や Ja-Net [12] が挙げられる。Ja-Net は CyberEntity 間のインタラクションによって実現される動的環境であるが、自己組織化の実現に重点が置かれ、プロトタイプ実装向けではない。STONE は動的サービス発見に基づき、サービス合成を行うことが可能な枠組であるが、機能ユニットとサービスリゾルバが独立しており、各機器が対等ではない点で本システムと異なる。

また、これらは動的連携をユーザインタフェースによって行なう機構を持っていない。我々が提案する Appliance Bonding では、その場の、どの機器からでも Appliance Bonding の設定・変更が可能になる。

6 まとめ

情報家電間で動的に連携を実現するための手法として Appliance Bonding を提案し、そのプロトタイプシステムを実装した。Appliance Bonding によって、これまで複雑であった様々な機器の複合的利用を簡便に設定できることが期待される。

cogma は、MAGNET[1] で得られた移動ソフトウェアの技術と経験を用い、組み込み機器に特化した機能を

実現したシステムであり、シンプルな構成にも関わらず、動的なアプリケーションを簡便な枠組で実現することができる。cogma の利用によって、Appliance Bonding の実装も容易に行なうことが可能である。

謝辞

本研究は、情報処理振興事業協会より委託を受けた財団法人ソフトウェア工学研究財団が実施した「平成 13 年度高度情報化支援ソフトウェアシーズ育成事業」での支援を受けたものである。

参考文献

- [1] Nobuo Kawaguchi, Katsuhiko Toyama, Yasuyoshi Inagaki: MAGNET: Ad-Hoc Network System based on Mobile Agents, Computer Communication, Vol.23, pp.761-768(2000).
- [2] Nobuo Kawaguchi, Yasuyoshi Inagaki: Multi-Link Ad-Hoc Communication System based on Mobile Agents, Proc. of SNPD'01, pp.311-318(2001).
- [3] Yuuki Miyagoshi, Nobuo Kawaguchi, Yasuyoshi Inagaki: Flexible Group Management on Ad Hoc Network Using Mobile Agents, Proceedings of the 4th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC 2001), pp. 835-840(2001).
- [4] 杉浦俊一, 河口信夫, 外山勝彦, 稲垣康善: モバイルエージェントを用いたファイル管理システムの提案, 情報処理学会, DiCoMo2000, pp.145-150(2000).
- [5] 宮越勇樹, 河口信夫, 外山勝彦, 稲垣康善: アドホックネットワークにおける柔軟なグループ管理手法: モバイルエージェントを用いた実現, 情報処理学会, DiCoMo2000, pp.1-6(2000).
- [6] 河口信夫, 外山勝彦, 稲垣康善: モバイルエージェントに基づく動的拡張可能なソフトウェアシステム, 情報処理学会, 夏のプロシン報告集, pp.71-78(1999).
- [7] 春木洋美, 河口信夫, 稲垣康善: 耐タンパハードウェアを用いたモバイルエージェント保護手法, 情報処理学会, DiCoMo2001, pp.43-48(2001).
- [8] 河口信夫, 稲垣康善: cogma: 動的ネットワーク環境における組み込み機器間の連携用ミドルウェア, 情報処理学会コンピュータシステム・シンポジウム, pp.1-8(2001).
- [9] Sun Microsystems: Jini, <http://java.sun.com/jini/>
- [10] Nelson Minar, Matthew Gray, Oliver Roup, Raffi Krikorian, and Pattie Maes, "Hive: Distributed Agents for Networking Things," ASA/MA'99, (1999).
- [11] 南正輝, 森川博之, 青山友紀: ネットワークサービスシナセサイザのデザイン, 信学技報, IN2000-192, pp.1-8(2001).
- [12] Tomoko Ito, Tetsuya Nakamura, Masato Matsuo, Tatsuya Suda, Tomonori Aoyama, "The Model and Design of Cooperative Interaction for Service Composition," 情報処理学会, DiCoMo2001, pp.7-12(2001).