

無線機器間の直観的な接続指示手法

岩崎 陽平[†] 河口 信夫^{*‡} 稲垣 康善[†]

[†] 名古屋大学大学院工学研究科

[‡] 名古屋大学大型計算機センター

^{*} 名古屋大学総合音響情報研究拠点

iwasaki@inagaki.nuie.nagoya-u.ac.jp

Bluetooth や無線 LAN などの短距離無線通信技術の普及により、様々な機器が互いに無線接続可能な環境が整いつつある。しかし、無線機器間の接続の際には、一般にアドレスや名前の指定などの煩雑な設定が必要となる。本稿では、無線機器間の接続指示手法として、ボタンを押すだけで直観的に接続が指示できる Touch-and-Connect を提案する。本手法では、状態を表示可能なボタンを使用し、複数の人間が独立に操作を行う状況においても誤接続を防止する。ブロードキャスト通信を用いた本手法のプロトコルは、管理サーバを必要とせず、動的な端末の入退出にも対応するため、必要に応じて一時的に構築されるアドホックネットワークでも利用可能である。また、グループの導入によりセキュリティと使いやすさの向上を行っている。

Intuitive Connecting Method for Wireless Devices

Yohei Iwasaki[†] Nobuo Kawaguchi^{*‡} Yasuyoshi Inagaki[†]

[†] Graduate School of Engineering, Nagoya University

[‡] Computation Center, Nagoya University

^{*} Center for Integrated Acoustic Information Research (CIAIR), Nagoya University

The spread of the short distance wireless communication technology such as Bluetooth and wireless Ethernet is making it possible for various information appliances to communicate through the wireless connection. However, to connect and to use them, we are generally required complicated setup operations such as setting addresses or names. In this paper, we propose an intuitive connecting method for wireless devices called "Touch-and-Connect". With this method, we can connect any wireless appliances by only button pushing operations. This system is designed so that it can work without any server, and even if many persons operate it independently, any incorrect connection does not occur. In order to improve security and usability, a user can make the group that devices can join in.

1 はじめに

Bluetooth[1]や無線 LAN[2] などの短距離無線通信技術の普及により、様々な情報機器が互いに無線接続可能な環境が整いつつある。無線通信を用いれば、ケーブルに制限されずに自由に機器を移動することが可能となる。また、無線通信モジュールの低価格化や小型化により、パソコンの周辺機器をはじめとして、家電製品、AV 機器、文房具などの様々な機器が無線ネットワークに参加し、相互に通信可能となる。

無線ネットワーク上の機器を連携させるためには、機器間を特定のプロトコルにより論理的に接続する必要がある。この際に、ユーザが意図する接続をシステム側に伝えること（接続指示）が必要であるが、一般に、接続指示のためには煩雑な設定をしなければならない。

例えば、Bluetooth に対応した機器間の接続指示には、Digianswer 社の Bluetooth Neighborhood [3] が広く使われている。このソフトウェアは、アドレスや名前によって無線ネットワーク上の機器の一覧を表示する。接続指示を行う際には、この中から接続したい機器を選択する必要があるが、機器のアドレスを調べる、多数の機器に名前をつけて覚える、といった作業

は煩わしく感じられる。

従って、アドレスや名前の指定などの設定をしなくて済むような、接続指示のためのより簡単で分かりやすいユーザインタフェースが求められる。本稿では、接続指示手法が満たすべき性質を示し、それを指針として接続指示手法 Touch-and-Connect を提案する。

2 無線ネットワーク環境における接続指示

本稿では、Bluetooth や無線 LAN などの短距離無線通信で構成される無線アドホックネットワーク環境を想定する。ただし、マルチホップのメッセージは想定せず、端末間は直接通信可能とする。

アドホックネットワークとは、必要に応じて一時的に構築されるネットワークであり、(1)管理サーバや事前の設定を前提としない、(2)端末の入退出によりネットワーク構成が動的に変化する、などの特徴がある。アドホックネットワークでも利用可能とすることにより、いつでも、どこでも、提案する接続指示手法を使うことができる。例えば、外出先でモバイル機器間を接続する場合や、事前に設定がないノート PC 間を接続するような場合にも利用可能となる。

2.1 接続指示に関連する問題点

無線ネットワーク環境における接続指示に関連して、

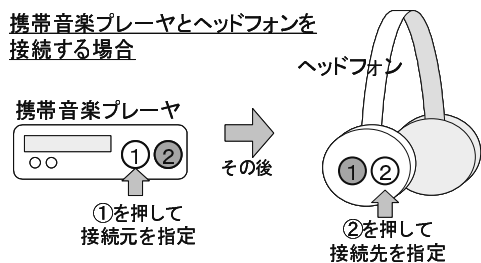


図 1 インタフェースの使用法

以下のような問題点が考えられる。

- 無線接続では、有線での接続のように、ケーブルを操作して接続を変更したり、機器間の接続状況を目で見て直観的に理解することができない。
- 一般に、無線機器間の接続指示を行う際には、機器のアドレス・名前の指定や、接続方法（プロトコル）の選択などの煩雑な設定が必要になる。特に、機器の画面表示や入力インタフェースが制限されている場合は、このような設定による接続指示は困難である。
- 多数の無線機器がネットワークに参加するような場合には、他の機器操作との干渉が発生する。
- 無線環境では機器間に障害物（壁など）があっても通信が可能のため、悪意のある他人により、機器所有者の意図しない接続が行われることが考えられる。この結果、非公開の情報が盗まれるなどの問題が発生する。

2.2 接続指示手法が満たすべき性質

2.1 節の問題点を考慮すると、接続指示のためのインタフェースは以下のような性質を満たすことが望ましい。

- (1) **直接的な接続指示**：機器そのものを直接指定して接続指示を行えるべきである。アドレスや名前の指定は直観的ではなく分かりにくい。
- (2) **接続の実現が容易**：機器間を接続する際に、接続方法の選択などの設定が必要なものは望ましくない。
- (3) **接続状態の可視化**：無線機器間の接続状態を可視化し、接続の確認ができることが望ましい。また、これを実現するためのシステムは、以下のような性質を満たすことが望ましい。
- (4) **サーバの不利用**：アドホックネットワーク環境でも利用可能とするため、管理サーバの存在を前提とするべきではない。
- (5) **スケーラビリティ**：多数の無線機器や多数の人間が存在する環境を考慮する必要がある。
- (6) **セキュリティの考慮**：悪意のある他人による意図しない接続を防止できることが望ましい。

3 接続指示手法 Touch-and-Connect

無線機器間の接続指示手法として、Touch-and-Connect を提案する。本手法は、2.2 節に挙げた性質を指針としており、接続したい両機器のボタンを押すだけで無線機器間を容易に接続することができる。機器のボタンを直接押す必要があるため、比

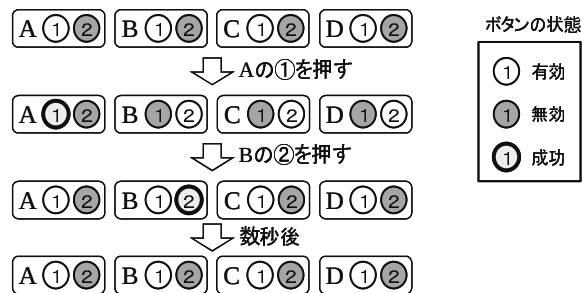


図 2 ボタンの状態遷移例

較的に近く（手の届く範囲）にある無線機器間の接続に使われることを前提とする。

本手法では、図 1 のように、各機器にボタン①とボタン②を設ける。機器 A（例えば携帯音楽プレーヤ）と機器 B（例えばヘッドフォン）を接続したい場合には、まず、機器 A のボタン①を押すことによってそれが接続元機器であることを指示し、その後、機器 B のボタン②を押すことによってそれが接続先機器であることを指示する。

また、各ボタンは「有効」、「無効」、「成功」のいずれかの状態を表示できるようにする。ボタンは「有効」の時に押すことができ、押した後、「成功」になったことを確認する必要がある。これは、接続指示の成功を表示すると共に、複数の人間が独立に接続操作を行う場合に発生しうる誤接続を防止するために用いられる。

複数の人間が独立に操作を行う場合、システム側はどの人間がボタンを押したのかを知ることができないため、誤接続が発生する可能性がある。例えば以下のような順番でボタンが押された場合を考える。

- (1) ユーザ 1 が 機器 A の ボタン①を押す
- (2) ユーザ 2 が 機器 C の ボタン①を押す
- (3) ユーザ 2 が 機器 D の ボタン②を押す
- (4) ユーザ 1 が 機器 B の ボタン②を押す

この場合、ユーザ 1 は機器 A と B の、ユーザ 2 は C と D の接続を意図しているにもかかわらず、A と D、C と B が接続されてしまう可能性がある。

本手法では、接続操作中は他の機器のボタン①が「無効」となり（ロック）、他人の操作が禁止されるため、誤接続を防止することができる。先ほどの例の場合、ユーザ 1 の操作中は、A 以外の全機器のボタン①が「無効」となり、ユーザ 2 は操作を開始できない。この場合のボタンの状態遷移例を図 2 に示す。

3.1 機器情報

接続指示が行われる際に、接続可能性の判断、適切な接続方法の選択、および接続の実現を行うために、各機器は以下の情報を持つ。

- アドレス（Touch-and-Connect プロトコルの通信用）
- 機器の Type
- グループ ID
- 付加情報

3.1.1 機器の Type

本手法は、様々な種類の接続に対して一般的に用いることができる。接続要求時に適切な接続方法を自動

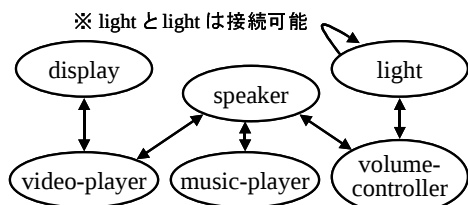


図 3 接続可能性の定義例

的に選択するために、各機器に Type(機器の種類)を定義する。ここでは単純な Type として、light(ライト)、video-player(ビデオプレーヤ)、music-player(音楽プレーヤ)、display(表示装置)、speaker(スピーカ)、volume-controller(ボリュームコントローラ)などを考える。

また、2つの Type 間の関係として接続可能性を定義する。機器 A から機器 B への接続要求(Aのボタン①を押し、Bのボタン②を押すこと)に意味がある場合、AからBへ接続可能とする。接続可能性の定義例を有向グラフに表したものを図3に示す。

接続可能性の定義により、接続操作を行う際に、接続可能な機器のボタン②のみを「有効」にし、また、必要最小限の機器のみをロックする。機器Aのボタン①が押された場合は、「機器Aから接続可能な機器」へ接続可能な機器全てをロックするべきである。例えば、先ほどの定義の場合、lightのボタン①が押された場合は、light, speaker, volume-controllerをロックするべきである。

Type間の接続可能性を判断できるようにするために、接続可能性を記述した図4のような設定ファイルを各機器に持たせる。

3.1.2 グループ ID

本手法では、ボタン①を押した後、悪意のある他人にボタン②を押されることにより、意図しない接続が行われてしまう可能性がある。また、多数の接続が行われる場合には、ロックが解除されるまで長時間待たされる可能性がある。

これらに対応するため、接続可能な機器をグループにより制限することができる。各機器はグループIDを持ち、同じグループIDを持つ機器間のみが接続可能、およびロックが必要となる。機器は初期状態では「デフォルトグループ」に属する。(グループIDの設定のためのユーザインタフェースに関しては、3.5節を参照)

3.1.3 付加情報

付加情報は、機器の Type によって内容が定められる任意の情報であり、接続の実現に使用する。例えば light の場合、明るさを調整するためのプロトコルの通信アドレスである。

3.2 接続の実現方法

接続指示の完了後、接続される両機器に、接続相手の機器情報と、自分が接続元であるかどうか通知される。接続される機器は、この情報を元に、適切な接続方法の選択、および接続の実現を行う。

bidirectional-link:	display, video-player
bidirectional-link:	speaker, volume-controller
bidirectional-link:	speaker, music-player
bidirectional-link:	speaker, video-player
self-link:	light

※bidirectional-linkは双方向リンク, self-linkは同Type間のリンクを表す

図 4 接続可能性の記述

接続方法の選択には、主に接続相手の Type を用いる。例えば、video-player は、display と接続する場合は映像伝送を行い、speaker と接続する場合は音声伝送を行う。

自分が接続元かどうかの情報を通知することにより、例えば全く同じ種類の機器同士を接続したような場合でも、接続元から動作を開始すると決めておくことにより、円滑に接続を実現できる。また、接続指示の方向によって、接続方法を変更することも可能である。

本手法では具体的な接続方法については特に規定しない。例えば、接続指示の結果、リンクが切断されたり、機器のモードが変更されたり、データを移動したりしてもかまわない。

3.3 その他の特徴

本手法のその他の特徴として、以下のようなものがある。

- ボタン①を押して接続元を指定した後、再度ボタン①を押すことにより、接続先の指定をキャンセルすることができる。
- ロックしたまま放置された場合に対応するため、ボタン①を押してから一定時間経過後、自動的にキャンセルされる。

3.4 プロトコル

ブロードキャスト通信を用いた本手法のプロトコルは、管理サーバを必要とせず、動的な端末の入退出にも対応するため、アドホックネットワークでも利用可能である。

本手法のプロトコルを示す(図5)。時間パラメータとして、request-wait, cancel-wait, success-time がある。また、各機器はリクエストリストとロックリスト(初期状態は空)を持つ。

リクエストおよびロック

- ボタン①が押された機器(リクエスト)は、RequestメッセージおよびLockメッセージをブロードキャストする。接続可能性を判断するために、これらのメッセージにはリクエストの機器情報(付加情報を除く)が含まれる。
 - Requestメッセージを受信した機器は、それが自分へ接続可能な機器からのメッセージであれば、そのメッセージをリクエストリストに追加する。(リクエスト)
 - Lockメッセージを受信した機器は、それがロックされるべき機器からのメッセージであれば、そのメッセージをロックリストに追加する。(ロック)
- リクエストリストとロックリストが分かれているの



リプライ

- 接続操作の完了

- Reply, Success メッセージには、送信元機器の機器情報が含まれている。この機器情報を元に、適切な接続方法を選択し、接続を実現する(3.2 節参照)。

キャンセル

- ### ボタン①の同時押しへの対応

- リクエストは、リクエスト後 request_wait 以内に、より優先する機器からロックされた場合は、キャンセルする。

ボタンの状態表示

となり、要素がある場合「有効」となる。ロックリストが空の場合、ボタン④は「有効」となり、要素がある場合「無効」となる。ボタンが無効の場合は、押すことはできない（押されても無視する）。

接続元指定の成功を表示するために、リクエストは、リクエスト後 **request.wait** 経過してからキャンセルするまでの間、ボタン①が「成功」となる。また、接続先指定の成功を表示するために、リプライヤは、**Success** メッセージを受信してから **success.time** の間、ボタン②が「成功」となる。

リクエストリストの要素が複数の場合は、そのままボタン②を押すと誤接続が発生する可能性があるため、何らかの表示でユーザに警告することが望ましい。

メッセージのリピート

動的な端末の入退出やパケットの損失に対応するため、**Request**、**Lock** メッセージは、有効時間を決め、送信を繰り返す。また、**Cancel** メッセージも、数回送信する。

有効リクエストのキャッシュ

各機器は、ネットワーク上で現在有効になっている全リクエストの情報を記憶しておく。この情報は、以下の目的で使用する。

- ネットワークトラフィックの増加を抑えるために、ネットワーク上で現在有効なリクエストの数が増加するほど、メッセージのリピート間隔を長くする。
- 動的に機器情報を変更する場合、例えば、一時的にグループ ID を変更する場合(3.5.2 節参照)に、メッセージのリピート間隔を待たずにすばやくボタンを適切な状態にする。

時間パラメータのデフォルト値

時間パラメータのデフォルト値は、`request·wait=300ms`, `cancel·wait=30000ms`, `success·time=2000ms` とする。

3.5 グループ設定のためのインタフェース

機器の属するグループを変更したい場合は、機器のグループ ID(3.1.2 節参照)を変更する必要がある。グループ ID を設定するためのユーザインタフェースとしては、ボタンなどにより直接 ID を入力する方法の他に、より簡単な方法としてグループチェンジャの利用が考えられる。また、一時的なグループ ID の変更も考えられる。

3.5.1 グループチェンジャ(グループ変更器)

グループチェンジャは、グループ ID を変更する目的で使用する特別な機器である。各グループチェンジャは「設定用 ID」を持っている。設定したい機器からグループチェンジャへの接続指示を行うと、グループチェンジャの設定用 ID が接続元機器のグループ ID として設定される。従って、グループ ID を入力することなしにグループ ID の設定を行うことができる。

グループチェンジャの設定用 ID は、初期状態でユニークな値が割り当てられている。何らかの UI を設けてこの設定用 ID を変更可能としてもよい。

接続指示の方向

グループチェンジャの使用においては、接続指示の方向が重要である。グループチェンジャから設定したい機器への接続指示を行うと、グループチェンジャのボタン①を押した後、他人に他の機器のボタン②を押されることにより、他人の機器を自分のグループに参加させてしまう可能性がある。逆に、設定したい機器からグループチェンジャへの接続指示を行うと、同様の理由により、自分の機器が他人のグループへ参加させられてしまう可能性がある。

グループ設定は主に機器の新規購入時に行われると考えられるため、新規購入した機器が他人のグループへ参加させられることは、他人の機器が自分のグループへ侵入することに比べれば危険性は低い。従って、任意の機器からグループチェンジャへの接続可能性のみを許可し、逆方向は接続不可能とする。

デフォルトグループ限定

グループチェンジャ自体は、デフォルトグループに属するため、デフォルトグループに属する機器のグループ設定のみを行える。属するグループを変更したくなった場合のため、グループに参加している機器に何らかの操作（例えば、リセットボタンを押す）を行うことにより、グループの解除（デフォルトグループへ戻る）が行えることが望ましい。

任意の機器からグループチェンジャへの接続を可能にすると、3.1.1 節の定義より、接続指示を行う際に全ての Type の機器をロックしなければならない。この影響を最小限にするために、グループチェンジャへの接続可能性は、デフォルトグループのみで有効とする。すなわち、デフォルトグループとそれ以外のグループで、接続可能性を別々に定義する。

3.5.2 一時的なグループ ID の変更

簡易的な ID 入力手段（例えば、数個のボタンを複数回押す）を設け、一時的なグループ ID の変更を可能とすることができる。元のグループ ID と入力された ID を組み合わせたものを一時的なグループ ID とし、接続指示が完了した後に元のグループ ID に戻す。

これにより、ボタンがロックされている場合でも、接続したい両機器で同じ ID を入力して接続指示を行うことができる。セキュリティを向上させるためにこれを用いることもできる。

3.6 満たしている性質

本手法は、2.2 節に挙げた性質のうち、以下の性質を満たしている。

機器のボタンを押すだけで直接的な接続指示が可能であるため、(1)を満たす。機器の Type により自動的に接続方法が選択されるため、(2)を満たす。本手法のプロトコルは管理サーバを必要としないため、(4)を満たす。(5)に関しては、状態表示可能なボタンによる各ユーザの操作間の排他制御、グループによるロック範囲の制限、リクエスト数に応じたメッセージリピート間隔の調整など、多数の無線機器が存在する環境の考慮を行っている。(6)に関しては、グループによる接続可能性の制限により、セキュリティの向上を行っている。(3)の接続状態の可視化は今後の課題である。

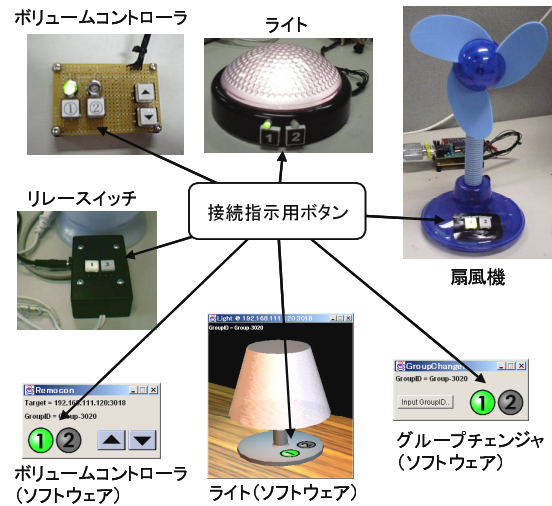


図 6 インタフェースを内蔵した機器

4 プロトタイプシステムの実装

本手法に基づくプロトタイプシステムを Java 上に実装した。端末間の通信には無線 LAN を使用し、通信プロトコルの実装を容易に行うために、簡易メッセージ通信ライブラリを作成した。

インタフェースを内蔵した機器として、図 6 のような機器の、ソフトウェアによるエミュレータ、およびハードウェアを作成した。上下ボタンによる操作が可能なボリュームコントローラを、対象物（ライト、扇風機、またはリリーススイッチ）に接続し、明るさ、風速、電源スイッチなどを制御することができる。また、コントローラの対象物同士を接続することにより、ボリューム値の変化（明るさの変化など）を連動させることができる。また、任意の機器をグループチェンジャへ接続することにより、容易にグループ ID の設定を行うことができる。Touch and Connect の接続指示ボタンの状態は色によって表示し、緑が有効、赤が成功、黒（消灯）が無効を表す。

4.1 ハードウェアの制御

ハードウェアの制御にはワンチップマイコン H8/3664F を使い、ファームウェアとしてテキストベースの対話式モニタを実装した。Java で書かれた制御用ソフトウェアを組み込み用小型 PC (LAMB-EM-01) 上で動作させ、シリアル通信を使って対話式モニタと通信を行い、マイコンを制御する。

5 関連研究

本研究に関連する研究・規格としては、以下のようなのものが挙げられる。

ネットワーク上の機器間を接続するための技術仕様として、Universal Plug and Play[4]、Jini[5]、HAVi[6]、ECHONET[7]、AMIDEN アーキテクチャ[8] などが提案されている。これらを用いれば、機器の機能をサービスとしてネットワーク上で公開し、相互に機能を提供しあうことができる。しかし、接続指示のためのユーザインタフェースについてはあまり重視されてお

らず、アドレスや名前の指定などの設定が必要であることが多い。

Pick-and-Drop[9]は、端末の画面をペンでタップすることにより、コンピュータ間をまたがるデータの移動を直接的に行うことができる手法である。GUI オブジェクトのコンテキストメニューにボタン①②を表示することによって、Touch-and-Connect を同様の目的に使うことができる。Pick-and-Drop はユニークな ID を持ったペンや管理サーバを必要とするが、Touch-and-Connect はこれらを必要としない。

STONE(Service synThesizer On the NEt) [10]は、ネットワーク上のサービスを動的に合成するプラットフォームである。STONE では、クライアントアプリケーション上で、機能間の接続を表す Service Graph を入力することにより接続指示を行う。この際に、機器の種類(CD Player など)と位置(部屋の名前など)を指定することにより、ネットワーク上から最適な機器を探して接続を実現する。一方、Touch-and-Connect は、遠く離れた機器との接続指示は困難であるが、接続指示用の端末を用意する必要が無く、また、機器の種類や位置を表す名前などをいなくても、ボタンを押すだけで直接的に接続指示を行うことができる。

AirReal[11]は、レーザーポインタを内蔵したリモコンで機器を指し示すことにより、様々な指示を行うことができる。特に、複数の機器を指し示すことによって、それらの機器間を接続し連携させることができる。しかし、事前に管理 PC に機器の位置を入力しておく必要があり、Touch-and-Connect が対象としているような、事前の設定を前提としないアドホックネットワーク環境での利用や、移動する可能性のある小型機器を対象とした利用は困難である。

Resurrecting Duckling[12][13]は、無線アドホックネットワーク環境における情報機器のためのセキュリティモデルである。機器を新規購入した際にその機器を所有者のものとして Imprinting(刷り込み)し、以後その機器は他人の機器との通信が制限される。グループチェンジャによるグループ ID の指定(3.5.1 節参照)は Imprinting と類似しており、グループチェンジャに秘密情報を持たせることにより、同様の役割を果たすことができるだろう。

6 おわりに

無線機器間の接続指示手法として、ボタンを押すだけで容易に接続の指示が行える Touch-and-Connect を提案した。またプロトタイプシステムの実装によりその実現可能性を示した。

本手法は、複数の人間が独立に操作を行う状況においても誤接続を防止する。また、管理サーバの不利用や、動的な端末の入退場への対応により、アドホックネットワークでも利用可能である。

6.1 今後の課題

以下のようなものが今後の課題として挙げられる。

- **柔軟な接続管理手法**：機器設計時には想定していなかった機器との接続も可能とするために、モバイルエージェントシステム cogma[14]の利用を考えている。
- **接続状態の可視化**：機器間の接続状態を確認でき

る仕組みが必要である。

- **様々な接続指示手法**：本手法は遠くにある機器の指定には向かないため、他の接続指示手法も必要であり、例えば以下のようなものが考えられる。

- ◆ レーザポインタによる機器の指定
- ◆ GUI による接続指示
- ◆ ビデオ映像による機器の指定

複数の接続指示手法が共存できるフレームワークも必要である。また、接続方法の選択などに過去の利用履歴を使用することも考えられる。

参考文献

- [1] The Official Bluetooth SIG Website. <http://www.bluetooth.com/>
- [2] Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA). <http://www.wi-fi.org/>
- [3] Bluetooth Software Suite. <http://www.btswws.com/>
- [4] Microsoft Corporation. Understanding Universal Plug and Play : A White paper. <http://www.upnp.org/resources/default.asp>
- [5] Sun Microsystems Inc. Jini[tm] Technology Architectural Overview. <http://www.sun.com/jini/whitepapers/architecture.html>
- [6] HAVi: Home Audio Video Interoperability. <http://www.havi.org/>
- [7] ECHONET 規格書 Ver.1.0. http://www.echonet.gr.jp/8_kikaku/spec_v1.0.htm
- [8] Minoh,M and Kamae,T. Networked Appliance and Their Peer to Peer Architecture AMI DEN. IEEE Communications Magazine, Vol. 39, No.10. pp.80-84 (2001).
- [9] 暦本純一. Pick-and-Drop:複数コンピュータ環境での直接操作技法. WISS'97. pp.141-150 (1997).
- [10] 澤島康仁,杉田馨,南正輝,森川博之,青山友紀. ネットワークサービスシンセサイザにおける機能接続・管理機構の設計と評価. マルチメディア,分散,協調とモバイル (DICOMO 2001) シンポジウム論文集. pp.103-108 (2001).
- [11] 星野剛史,堀井洋一,丸山幸伸,片山淳詞,柴田吉隆,吉丸卓志. AirReal: ホームネットワークのユーザーインタフェース. WISS 2001. pp.113-118 (2001).
- [12] Frank Stajano and Ross Anderson. The Resurrecting Duckling: Security Issues for Ad-hoc Wireless Networks. Proceedings of 3rd A T&T Software Symposium. (1999).
- [13] Frank Stajano. The Resurrecting Duckling - what next?. <http://www.lce.eng.cam.ac.uk/~fms27/duckling/>
- [14] 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. コンピュータシステム・シンポジウム論文集. pp.1-8 (2001).