

オフィス機器の直感的操作を実現する一手法の提案 —Conference@ID (カンファレンスエイド) による評価環境の構築—

森住 俊美[†] 神谷 正人[†] 中臺 芳夫[†] 稲垣 博人[†]

[†]日本電信電話株式会社 NTT サイバーソリューション研究所 〒239-0847 神奈川県横須賀市光の丘 1-1

E-mail: [†]{morizumi.toshiharu,kamiya.masato,nakadai.yoshio,inagaki.hirohito}@lab.ntt.co.jp

あらまし 情報機器が身の回りにあふれる昨今、我々に身近なビジネスシーンやライフスタイルを情報機器抜きにして語ることはできない。しかし、情報機器の取り扱いには、機器毎に手順が定められており、かつ利用者はそれを強要されており、利用者の感じる煩雑さやストレスにつながっていると考えられる。

本稿では、これらの煩雑さやストレスを大幅に軽減させる手法として、リアルとネットの直感的な融合をコンセプトとした「URban」アーキテクチャと、本アーキテクチャに従い、可視化と評価環境の構築を目的としたアプリケーション「Conference@ID (カンファレンスエイド)」を提案する。

キーワード 情報家電、ユーザビリティ、ユビキタスコンピューティング

A proposal of intuitively control for Business Information Appliances —construction of Evaluation Enviroment "Conference@iD(conferneceAID)"—

Toshiharu MORIZUMI[†] Masato KAMIYA[†] Yoshio NAKADAI[†] Hirohito INAGAKI[†]

[†]NTT Cyber Solutions Laboratories NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION

1-1 Hikarinooka Yokosuka-Shi Kanagawa,239-0847 Japan

E-mail: [†]{morizumi.toshiharu,kamiya.masato,nakadai.yoshio,inagaki.hirohito}@lab.ntt.co.jp

Abstract Information appliances (IAs) get to be founded everywhere, and to be needed a lot in both our business and home living situation. However, it is very difficult for users to manipulate IAs. Operation procedures of IAs are different and complicated each, so that it is hard for users to memorize each complicated manipulation of IAs. In this paper, we propose architecture "URban", which integrate real objects and virtual objects. This architecture reduces user's burden to manipulate complicated procedures on IAs. And then, we present the system "Conference@ID" (Conference-AID), which visualize URban architecture.

Keyword Information appliances, Usability, Ubiquitous computing

1. はじめに

昨今の PC をはじめとする様々な情報機器やインターネット環境のコモディティ化は、旧来は不可能であった様々な事柄を可能とし、我々の日常生活を便利にする力を有していたため一気に進んだ。また、この傾向は今後も続くと予想される。しかし、これらの情報機器の恩恵を受けるために、我々はそれらの使用方法を個別に習得する必要性があり、この事を苦としない利用者意外には、情報機器の取り扱いに対する障壁となっている。

このような問題に対し、様々な分野、手法、レイヤで、多くの取り組みがなされている。AV 機器向けマルチリモコンは、比較的高いレイヤで、古くから取り組まれているものである。これは、1 つのリモコンですべての機器の操作を行うことにより、煩わしさを解決しようという試みで、容易に購入可能な商品として

発売され続けている。また、最近では、HDMI¹ の CEC² 機能の登場により、利用者はあたかも 1 台の機器をコントロールしているような操作感の体感が可能となっている。しかし、マルチリモコンは、マーケット的には成功したとは言いがたい状況であり、HDMI の CEC 機能は、互換性の問題等もあり、今後の市場の評価は未知数な側面を持っている等、問題の解決に至っているとは言いがたい状況である。

一方でレイヤの低い部分においては、マイクロソフ

¹ HDMI: High-Definition Multimedia Interface の略称。映像信号や音声信号を著作権の保護が可能な形式で伝達可能な規格。近年のコンシューマ向け AV 機器では具備することが一般的。

² CEC: Consumer Electronics Controls の略称。HDMI で規格化されているプロトコルの一つで、HDMI により接続された機器の制御を可能としている。

トが中心となって制定した UPnP³ がある。UPnP は、ネットワークに接続可能な様々な情報機器で採用されているが、メーカーの独自部分が多く、当初の想定ほどは巧く機能していない。DLNA⁴は、UPnP のこのような問題を解決すべく、プロトコルガイドラインを定め、様々な機器が実際に発売されているが、普及は進んでいない。

また、松川¹らにより、提案された機器の連携動作プロトコルは、機器操作を抽象化する事により、専用のユーザインタフェースを有するテレビ電話装置のような、いわゆるネットワークアプライアンスの連携動作を提案している。さらに、目を転じると、河野¹¹らが提案した TACT や、鈴木¹¹¹らが提案した、uPhoto 等も存在する。これらの取り組みは、身の回りに多く存在する情報機器の利便性を、できるだけ簡単な操作で引きだそうとする取り組みの代表的存在といえる。

このように、情報機器の取り扱いを簡便にする取り組みは、古くから様々な分野、様々な階層で取り組まれてはいるものの、いずれの取り組みも、一般利用者に広く認知され、問題が解決するには至っていない。

本稿で提案する URban アーキテクチャおよび、それを実装したアプリケーション Conference@ID は、このような従来の研究を踏まえ、人間が直感的に理解しやすい操作モデルを最初に着想し、さらに利用シーンを我々自身が、日常生活において、情報機器を最もよく利用するビジネスシーンに限定し、その場において要求される様々な条件を満たすように基本的なアーキテクチャを定めた物で、ここに提案する物である。

2. 従来の方式

従来の代表的な取り組みを、マルチリモコン型、プロトコル型、オブジェクト指向型という3つの型に分類し個々の特性を考察する。

1.1. マルチリモコン型

マルチリモコンは、制御コマンド⁵をプリセット又は何らかの方法で、利用者が制御コマンドを学習させる事により、被操作端末の制御コマンドを端末内に記憶

³ UPnP: Universal Plug and Play の略称。機器をネットワークに接続するだけで、その機器がネットワークに参加可能とするためのプロトコル群。これらのプロトコル群の中に、機器の制御をするための「コントロール」という定義がある。

⁴ DLNA: Digital Living Network Alliance の略称。家電メーカーを中心に、UPnP を用いた相互接続性を向上させる事を目的に結成された業界団体。

⁵ ASK 変調された 38KHz の赤外線信号により送出される機器制御信号。フォーマットは整備されているが、IrDA 方式を使用するなど、独自の物も存在する。

し、それにより被制御端末をコントロールする点が特徴である。一般商品として比較的安価に販売されており、利用者のリテラシーや要求別に、多様な商品があるのも特徴であるが、マーケット的には成功しているとは言いがたい。つまり、ユーザにとっての煩雑さの解決には至っていないと考えられる。

マルチリモコンが、成功しない理由には、いくつかの原因が考えられるが、その最大の理由として考えられるのが、マルチリモコンの操作が簡便では無い点である。

AV 機器には、その機器のために設計開発がなされたリモコンが具備されており、多くはその機器のために、専用に設計されている。そのようなリモコンがあるにもかかわらず、汎用的なリモコンへ転換するという行為は、少なからずユーザビリティを低下させる事となる。また、必然的に多くの機能を集約する事となるため、所望する機能を探すという労力も増す。つまり、マルチリモコン型のユーザインタフェースは、利用者に対して、より多大な煩雑さを強いる結果になると考えられる。

専用設計という点においては、HDMI の CEC 機能を用いた高いユーザビリティへの取り組みも、VIERA Link⁶、ファミリンク⁷という形で市場には出始めているが、その効用は未知数である。

以上を勘案すると、操作端末が被操作端末の対応するプロトコルに対応するという手法は、多種の情報機器への素早い対応を可能となる特徴がある。一方で、ユーザインタフェースデザインに関しては、失敗例を示していると考えられる。

1.2. プロトコル型

プロトコル型は、利用者が直接使用する操作端末と、その操作端末の指示により動作する被操作端末の間で通信される制御信号等のプロトコルを規定する事により、煩わしい操作からの利用者を開放しようというアプローチを採っている。

UPnP は、ネットワークに接続された情報機器の連携動作の実現のために規定されているプロトコルで、類似のプロトコルの中では最も普及している。しかし、UPnP の定めるコントロール機能を有効に活用しているケースはそれほど多くはなく、情報機器の操作の煩わしさからの解放を実現したとは言いがたい。

このような状況になってしまった理由には幾つかの原因が考えられる。最初に挙げられるのは、UPnP に対応するためのプロトコルスタックが XML パーサを必要とするなど、比較的大きい点。特に、UPnP の

⁶ VIERA Link は松下電器産業株式会社の登録商標

⁷ ファミリンクはシャープ株式会社の登録商標

メッセージは、意味論的な手法で抽象化された XML で記載されているため、パーサに求められる機能は必然的に膨大なものとなる。次に、UPnP の設計思想が、計算機資源が潤沢な PC をコントロールの中心として設計されていた点。そして、普及の最大の妨げとなった点は、必須搭載事項を少なくし、それぞれの開発者に独自拡張を許したため、相互接続性が著しく低下してしまった事が挙げられる。しかし、意味論的な抽象化を行う方式で、汎用性を担保するための手法としてのメッセージの独自拡張は非常に合理的な側面もある。

一方で、UPnP における機器制御プロトコルが、意味論的な手法で規定されているのに対し、記号論的な手法で、操作を抽象化する方法も多く提案されている。こちらは、VNC⁸をはじめとし、ポインティングデバイスと表示装置を併用する GUI 環境で利用されるケースが比較的多く、GUI の利用が適さないコンシューマ向け情報機器においては、プロトコルがいくつか提案されているものの、利用された実績はほとんど無い。

以上の事から勘案すると、GUI を利用可能な環境においては、記号論的な手法は非常に有効ではあるが、GUI に頼ることができない環境においては、従来とは異なった手法での抽象化手法の考案が必要となりそうである。

1.3. オブジェクト指向型

オブジェクト指向型は、操作端末で被操作端末を選択する際に、マルチリモコンにおけるスイッチの切り替えや、GUI による機器選択が一般的な UPnP とは異なり、被操作端末の方向に操作端末を向ける、被操作端末に触れる等、日常生活でも行うような、直感的な振る舞いが利用可能という点が最大の特徴であり、メリットである。

利用者の様々な振る舞いを、機器が読み取るためには、様々なセンシング技術が必要不可欠で、光学的手法、電波的手法、磁気的手法が採用される事が多い。このため、本方式においては、このようなセンシング技術を利用可能にするための、様々なデバイスが必要となり、これらのデバイスの分だけ、先の 2 方式に比べ、コストを要する。しかし、本方式は優れたユーザビリティを発揮する事は、先行研究からも明らかである。

⁸ Virtual Network Computing の略称。リモート環境における GUI 操作を実現するシンタクティックでシンプルなプロトコル「RFB」(Remote Framebuffer)を用いて実装されている情報機器の遠隔操作環境。

2. Conference@ID の概要

2.1. コンセプト

我々の最終的な目的は、様々な情報機器をシンプルな操作機器で簡便に利用できる操作モデルを探る事である。この大目標実現ために、まず情報機器の操作を煩わしいと感じる理由を探るために、情報機器の操作という事象を、我々人間が直接認知し、見たり触ったりできる事柄と、ネットワーク上を含む情報機器の内部にビット列として存在する情報を相互に変換する事と定義した。

この定義に従えば、情報機器の機能はこれらの変換則と見ることができ、情報機器を取扱いは、この変換則を実行するために必要なパラメータの設定と見なすことができる。つまり、情報機器の取り扱いを煩雑と感じる原因を、パラメータの設定の煩雑さと見なす事ができる。具体的には、パラメータの個数が多岐に渡る場合や、変換則に対して必然性の薄いパラメータの設定が必要な場合に煩雑感じると考えられる。

つまり、情報機器の取り扱いを簡便にするためには、設定すべきパラメータの個数の削減や、パラメータ設定に対する必然性の向上が必要であるという仮定を立てることができる。そこで、我々はこの仮定を確認するための評価環境構築にあたり、「X を Y に送って Z をする」「リアルとネットの直感的な融合」という 2 つのコンセプトを立てた。前者は設定すべきパラメータの削減を狙ったコンセプトであり、後者は、パラメータ設定の必然性向上を狙ったコンセプトである。

2.2. アプローチ

評価環境構築にあたり、今回は我々が日々の業務で利用する会議空間で利用する事多い情報機器の操作を簡便にする事を最初のステップとした。会議空間を最初のステップとして選定した理由には、①情報機器の取り扱いに関して、煩わしさを感じる事が多い空間②シーンを想定しやすい③我々自身が被験者となる事ができる。という 3 項目が挙げられる。

また、コンセプトの 1 つである、「X を Y に送って Z をする」を実現するために、端末の基本的な操作を、使用するコンテンツ:X と、対象となる被操作端末:Y の指定という 2 つのパラメータの設定で行うこととした。利用者にとっての最終目的である Z は、最も重要なパラメータであるが、利用者がコンテンツ:X と、機器:Y を選択する際には、過去の経験やノウハウ、機器の形状から利用者が受け取るアフォーダンスを加味し、コンテンツ:X と被操作端末:Y を自然に逆算していると容易に推測されるため、Z の明示的な指定は省略する事とした。つまり、コンテンツ:X と被操作端末:Y の組み合わせで複数の処理内容を実行しうる場合や、

細かいパラメータ設定が可能な場合には、最も利用頻度が高いと考えられる1つの機能のみを実行可能とし、他の機能の選択に関しては、今回の評価環境では取り扱わない事とした。

もう一つのコンセプトである「リアルとネットの直感的な融合」を満たすために、今回の評価環境においては、操作端末を被操作端末に接触させる、被操作端末の方向に向けるという、優れたユーザビリティの期待が可能な、オブジェクト指向型を採用する事とした。

以上により、今回の評価環境では、コンテンツ:Xと被操作端末:Yを選択する事が可能なオブジェクト指向型の操作モデルを採用する事とした。また、実行時の詳細パラメータの設定や、複合機に関しては、今回は取り扱わない事とした。

2.3. 要求条件

以上のようなアプローチの評価環境を、高いユーザビリティと共に、我々の日常業務においても、利用に足るシステムとするためには、後述する要求条件を満たす必要がある。

2.3.1. 操作方法

基本的アプローチとして、オブジェクト指向型の操作モデルを採用したが、操作端末を操作するための操作部が皆無になるという事は無い。しかも、多種の被操作端末の制御を実現するためには、多くの機能ボタンも必要となる。多くの機能ボタンを認識しやすく、効率的に取り扱うために階層化という手段が一般的には採用される事が多いが、手間や煩雑さを生み出す原因になりやすい。しかし、マルチリモコンの用に少ない階層に機能を配置した場合には、マルチリモコンと同様に、利用者が所望する機能の認識が難しくなる。このため、利用者にとって認識しやすかつ、煩雑さを感じさせない操作方法を実現するためには、操作の抽象化を実施する必要性が生まれる。

2.3.2. プロトコル

使用プロトコルの選定に至っては、実用に耐えるプロトコルの選定が必要となる。また、社内で実施される会議向けというアプローチを選択しているため、必然的に利用可能なプロトコルは限られる。

また、先行研究の検討により、UPnPのような意味論的なメッセージを使用した場合、柔軟性と相互接続性がトレードオフである事は明らかである。一方でVNCのような記号論的なメッセージを採用する場合には、GUIに依存する部分が多くなり、操作端末自身の操作を煩雑なものに陥らせる。さらに、この類のプロトコルは、機器ベンダによる採用と普及が非常に重要

である。

このため、プロトコル策定にあたっては、メッセージの内容、メッセージのパーズ機能を含めた、プロトコルスタックの機能を、操作の抽象化方式と共に考察する必要がある。

2.3.3. セキュリティ

業務において利用する様々なコンテンツの多くは、レベルの違いがあるとはいえ、秘匿性の無いコンテンツは殆ど存在しない。このため、評価環境で取り扱うコンテンツは暗号化技術により保護可能な仕組みが必要不可欠である。

しかし、必要以上の強度を持つ暗号化技術は、利用者に対して様々な新たな操作を必要とする。また、一般的なPCと比較し、潤沢とは言えない計算機資源しか持たない情報機器においては、復号に時間を要するなど、大幅なユーザビリティの低下を招くため、セキュリティ機構の導入にあたっては、必要十分な程度の強度の見極めが重要な課題となる。

2.4. アーキテクチャ

前述した要求条件を満たす、本評価環境を実現する基本的なアーキテクチャ"URban"は次のように構成される。

2.4.1. 基本システム構成

システムは、利用者が直接操作し、被操作端末に対して、制御信号を送出する操作端末"commander"と、"commander"からの指示を受け、必要なファイルをネットワーク上の様々なリソースからコンテンツを取得し、処理、実行を行い、利用者に対してサービスを提供する"receiver"そして、"commander"が利用するコンテンツや被操作端末を探索する機能の補助機能や、"receiver"が処理、実行するコンテンツを保存、蓄積している"server"から構成される3エレメントモデルを採用した(図1)。また、"commander"の"receiver"を接触させる、方向を向ける等のオブジェクト指向的な動作を実現するために、RF-IDタグや赤外線マーカ、

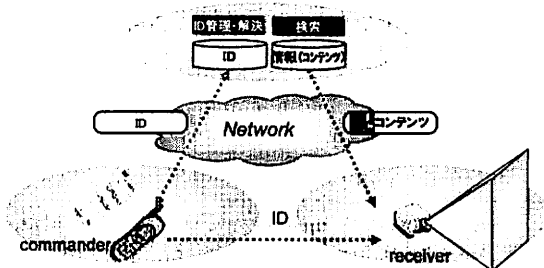


図1 基本システム構成

およびこれらのリーダーを"commander"と"receiver"は適宜具備する事とした。

2.4.2. 操作モデル

複雑な操作モデルは、それだけで端末操作を複雑にし、情報機器の取り扱いを飛躍的に煩雑にさせてしまう。そこで"URban"においては、次に挙げる5つの基本動作に抽象化する事とした。

- ◆ [PLAY]:コンテンツの処理・実行の指示を抽象化したもの
- ◆ [STOP]コンテンツの処理や実行、操作の停止を抽象化したもの
- ◆ [FIND]:コンテンツや被操作端末の検索開始を抽象化したもの
- ◆ [STORE]:コンテンツの蓄積の指示を抽象化したもの
- ◆ [MOVE]:コンテンツの移動の指示を抽象化したもの

このような操作モデルの最大の特徴は、検索の意味を持つ[FIND]において、commanderが設定する2つのパラメータ、コンテンツ:Xと被操作端末:Yを等価に扱う点である。この方式を採用することにより、操作手順の簡略化ができるとともに、1回の操作で、コンテンツ:Xと被操作端末:Yの2つのパラメータを同時に決定するという運用も可能となる。

また、基本動作の他に、利用者に対して提供するサービス毎に、特化したユーザインタフェースをGUIにより提供する事を許容した。こうする事により、意味論的にすべての制御コードを規定することなく、かつ相互接続性の問題も生じさせることもなく、様々な情報機器の制御が理論上は可能な操作モデルを実現した。

2.4.3. プロトコルとセキュリティ

プロトコルスタックは、そこに要求される機能が多ければ多いほど、サイズが増大する。これは、プロトコル普及の大きな妨げになる。しかし、本システムでは、"commander"および"receiver"に関わる要素をシンプルにする事を目標に策定したため、プロトコルに求められる機能面での要求条件は非常に少ない。一方で、企業内で利用可能とするなど、いわゆるネットワークセキュリティに対する要求条件はやや厳しい。また、利用者に負担をかけずに、コンテンツを守る仕組みが必要であるため、プロトコルはhttpだけで構成し、body部分のメッセージはごく基本部分だけを規定することとした。また、最終的に利用者に対して提供されるサービスに特化したGUIの生成等については、ごく一般的なhtmlで表現する事とした。

さらに、コンテンツに対するセキュリティは、ハッ

シュ関数、ワнтаイム URL、公開鍵暗号、共通鍵暗号、を効率的に組み合わせる事により、利用者は操作端末の正規利用者か否かを識別する端末認証を行うだけで、これらの暗号を意識することなく、コンテンツの保護が可能となっている。

2.5. 実装例

今回実装した評価環境としての会議支援システム、「Conference@ID(カンファレンスエイド)」を以下に紹介する。

2.5.1. アプリケーション

今回実装したアプリケーション(図2)は、システム利用者が日常的に使用しているPCで事前に作成したコンテンツ(プレゼン資料等)を、その利用者が所有する操作端末を持ち歩き、その端末を使用したいと思う情報機器に触れる、向けるという直感的な振る舞いにより、利用者が所望するサービスをシステムが提供する物である。現在、提供可能なサービスは、プロジェクトを用いた表示、プリンタからの出力、ホワイトボードに記載された画像の取り込み、2台の操作端末間でのファイル授受、テレビ電話装置の発呼動作である。

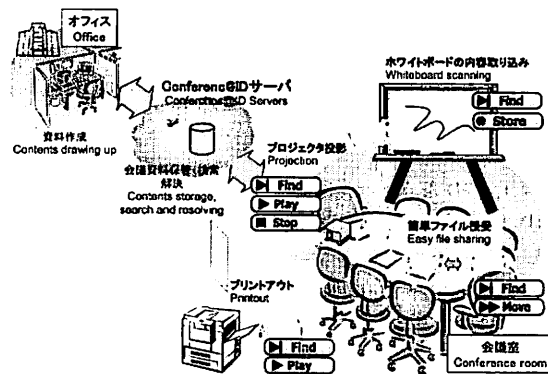


図2 Conference@IDアプリケーション概要

2.5.2. 操作端末

操作端末の実装には、無線LANインタフェースや、タッチパネル付き液晶表示装置等、一般的なデバイスの他に、RF-IDリーダーや赤外線受光部等、直感的な操作感を評価するにあたり、必要不可欠なデバイスを多く具備し、かつ比較的小型であるパーソナルメディア株式会社の販売するユビキタスコミュニケーター(図3)⁹を利用した。ユビキタスコミュニケーターは、組み込み機器向けOSであるT-Kernelで動作する端末で、ソースコードもオープンかつ改変も自由という実験目的と

⁹ PDA型の実証実験用の端末装置。
<http://www.uid4u.com/products/uc.html>

しては、優れた環境である。

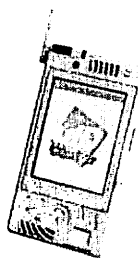


図 3 ユビキタスコミュニケーター

2.5.3. 入出力装置

被操作端末である入出力装置として、今回はプロジェクタ、プリンタ、ホワイトボード、テレビ電話装置を揃えた。基本的に、これらのファームウェア内部に手を入れ、プロトコルスタックを実装する事はできないため、今回は個々の機器にプロトコルを解釈するための PC を接続し、評価環境を構築した。

2.5.4. サーバ群

評価環境として、動作させるためのサーバ群として、今回は RF-ID タグや赤外線マーカから取得した ID を解決する ID 解決サーバと、コンテンツを保持、蓄積し、“receiver”に送出する機能を有するコンテンツサーバを準備した。

2.5.4.1. ID 解決サーバ

ID 解決サーバは、ID とそれに対応した意味情報に対応づけて管理しており、“commander”からの ID リクエストに従い意味情報を返す事とした。このような、意味情報への変換を行うことにより、コンテンツや被操作端末のユーザ毎のアクセスコントロールの実装や、特定条件下での提供サービスの変更などを柔軟に実施することが可能となる。

2.5.4.2. コンテンツサーバ

コンテンツサーバはいわゆる http インタフェースを持つファイルサーバや web サーバがその機能を代替することができる。ただし、本システムにおいては、ハッシュ関数を用いたワнтаイム URL 機能を実装するなど、コンテンツに対するセキュリティを高める機能の実装を行った。

3. 評価と課題

本評価環境はのべ 5 日間の一般の方が来場する展示会への出展や、社内での 20 組を超える見学対応で、合計数百人の方にデモをする機会に恵まれ、意見交換を

実施する事ができた。「従来の類似研究成果物と比較し、本気で使えそうな印象を受ける。」という意見をはじめとした想像以上に肯定的な意見があった一方で、複合機への対応、2up 印刷や両面印刷等の実行パラメータの設定など、あらかじめ課題になるであろうと予測していた事柄を指摘も非常に多かった。今後は、それらの操作の煩雑化を招かず、シンプルに抽象化し、実装する事が当面の大きな課題として考えられる。また、PDA のような端末ではなく、携帯電話への実装という意見も多く頂いたが、これは純粹に実装だけの問題であり、RF-ID や赤外線マーカを媒体として記録されている ID を QR コードに変換するだけで、きわめて容易に実装することができている。

4. 今後の予定

今後は、本格的なユーザビリティを検証するために、今までとは異なり、操作端末を一般の方に使用してもらい、その方たちの手でシステムを利用して頂ける実証実験の場を設定し、ユーザビリティの評価を進めていく予定である。そのためには、本システムの安定性の向上等作業を継続的に進めていく必要がある。また、デモの際に頂いた意見を含め、残された課題を実証実験までに改善して行く必要がある。

5. まとめ

本稿は、様々な情報機器のコモディティ化により、便利になっているはずの日常生活が、実は煩雑になっているというジレンマの解決を大目標に設定し、「X を Y に送って Z をする」「リアルとネットの直感的な融合」というコンセプトの元に、情報機器操作を簡便にするための仮説を設定した。そして、その仮説の検証するための“URban”アーキテクチャと、会議シーンを想定し、実装された会議支援システム「Conference@ID」を提案した。また、これらの多数に渡る一般の方へのデモから得られた意見と課題および今後の予定を紹介した。

文 献

ⁱ 松川尚司, 細淵貴司, 松浦宣彦, 茨木久, 小川克彦: プロードバンドアプライアンスのためのアプリケーション制御ミドルウェアの提案, DICOM2004, pp.381-384, 平成 16 年 7 月

ⁱⁱ 河野 通宗, 綾塚 祐二, 暦本 純一, “TACT: Mobile Terminal for Session Manipulation” in 1st International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2004), Jan. 2004, pp.26-31

ⁱⁱⁱ Genta Suzuki, Takuya Koda, Daisuke Maruyama, Takeshi Iwamoto, Kazunori Takashio, Hideyuki Tokuda The Sixth International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2004) September. 2004