

平成 21 年 5 月 31 日現在

研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2006 年度～2008 年度
 課題番号：18560397
 研究課題名（和文）
 近接性を利用した PAN 環境におけるデバイスハンドオーバー・システムの研究
 研究課題名（英文）
 Study on Proximity-based Device Handover Systems in PAN Environments
 研究代表者
 上岡 英史 (KAMIOKA EIJI)
 芝浦工業大学・工学部・准教授
 研究者番号：90311175

研究成果の概要：

本研究では、ユーザと通信デバイスの近接性という空間的特徴と、ユーザの直感的なオペレーションを通して、シームフルなデバイス固有の優れた特徴の維持とユーザに対してシームレスで確実なサービス移動を提供する、デバイスハンドオーバー・システムの研究を行った。また、実際にプロトタイプシステムを製作し、本提案が実現できたことを実証した。さらに、ハンドオーバー遅延時間を測定することにより、本システムの性能評価を行った結果、ワイドエリアネットワーク遅延と比べると十分無視できる値であることを示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,100,000	0	1,100,000
2007 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2008 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	690,000	4,090,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：PAN, デバイスハンドオーバー, 近接性, ユビキタス, シームレス, コンテキスト

1. 研究開始当初の背景

ひとりのユーザが複数の通信端末を利用するユビキタスコンピューティング環境では、利用中の通信サービスを中断することなく別の通信端末に切り替えるという状況が考えられる。このように、利用中の通信サービスをある通信端末から別の通信端末へ移動させる技術をデバイスハンドオーバーとよぶ。デバイスハンドオーバーを実現する際、ハンドオーバー元とハンドオーバー先のデバイス間で機能や能力の差がある場合は、それが「シーム（継ぎ目）」となり、通信サービスを移動することができない。この問題に対処するため、メディア変換サーバを通信

路上に実装し、ハンドオーバー先の端末能力に適合したメディア変換を行い、ユーザレベルでは通信端末の違いを意識することなくデバイス・ハンドオーバーを実行する、シームレス・サービスモビリティという研究がある。ユーザから通信端末のハードウェア特性を隠すことによって「シーム」を排除することは、ユビキタスコンピューティングの重要な概念であるコンピュータの不可視性を実現する手段として有効であるが、各デバイスの優れた特徴を排除して、全デバイスに共通した機能や能力を利用する低品質なサービスを提供することに他ならない。例えば、あるユーザが携帯電話端末を用いて

通信相手先のパソコンとテレビ電話で会話しているとき、デバイスハンドオーバー・システムが位置検出システムなどを用いて自動的にそのユーザの近くにある大型プラズマディスプレイへ映像を移動した場合を考えてみる。プラズマディスプレイは画面が大きいだけでなく映像表示解像度も高いが、携帯電話端末で扱う低解像度の映像をプラズマディスプレイに映し出しても同じ解像度で表示すると画像は小さいままであるし、画像処理を用いて拡大した場合には画像情報量の欠如からぼやけた不鮮明な映像が映し出される。このようなデバイスハンドオーバー・システムでは、高品質なプラズマディスプレイの特徴が台無しである。一方、通信相手先のパソコンはその機能、能力が高いにも関わらず、携帯電話の能力に合わせて解像度の低い映像を送信していたが、ユーザの利用する表示端末がプラズマディスプレイに変更されても、携帯電話に送信していた解像度の低い映像を送り続けているので、パソコンの能力を十分に発揮していないことになる。さらに、このユーザは他の人に知られたいくない会話をしており、プラズマディスプレイに相手の映像を表示してもらいたくないにも関わらず、人間の意志に反したコンテキストウェア機能がシステムによって実行されたかもしれない。

このようなシームレスという概念がもたらす不利益を克服するために、コンテキストウェアネスという概念を根本から見直す必要があり、本研究を始めるに至った。

2. 研究の目的

本研究は、ひとりのユーザが複数の通信端末を利用するユビキタス環境において、ユビキタスコンピューティングの重要な概念であるコンピュータの不可視性と密接に関係する「シームレス」という考え方の誤解を明らかにし、高い機能と能力を持った多くのコンピュータが、人間のために、正確にかつ最大限にその威力を発揮するためのシステムアーキテクチャを考案することを目的とする。具体的には、PAN (Personal Area Network) 環境におけるユーザと通信デバイスの近接性という空間的特徴と、ユーザの直感的なオペレーションという人間に優しいインタフェースを通して、シームフルなデバイス固有の優れた特徴の維持とユーザに対してシームレスで確実なサービス移動を提供する、デバイスハンドオーバー・システム構築に向けた要素技術を研究する。例えば、ユーザが身につける携帯電話のような小型赤外線リモートコントローラを導入し、コントローラのボタンを利用したい通信端末に向けてボタンを押すだけで、利用中のサービスを当該通信端末に移動可能にする。また、実際にプロト

タイプシステムを製作し、実証実験を行うことによってその性能を評価し、提案技術の有効性を立証する。

ここでいう、「シームフルな各デバイス固有の優れた特徴の維持」とは、機能や能力の異なるデバイス間でサービスの移動を行う際、能力の低いデバイスにメディアの品質を落としてサービスを適合させるのではなく、機能や能力の高いデバイスはその特徴を最大限に生かすことを意味する。

3. 研究の方法

本研究は、ユビキタスコンピューティング環境におけるアプリケーションを、シームという概念から検討するものであり、具体的アプリケーションとしてデバイスハンドオーバー・システムの構築も含め、従来研究の調査、赤外線通信を用いた予備実験、システムアーキテクチャの検討、メディアの分離・統合方法の検討、シミュレーションによる実現性のチェック、プロトタイプシステムの製作、実証実験、システムの性能評価、という項目で研究を進めた。以下、各項目における研究方法について述べる。

(1) 従来研究の調査および本研究との関連性の検討

①コンピュータシステムのシーム性に着目した研究

ユビキタスコンピューティングに関連する研究のうち、シームに着目したものを調査した。特に、コンテキストウェアネスやヒューマンコンピュータ・インタラクションの研究まで範囲を広げ、関連国際会議・ワークショップ等に参加し、シームレスおよびシームフルの観点からコンピュータシステムの本来のあり方を検討した。

②デバイスハンドオーバーに関する研究

コンテンツサーバから映像や音声のストリーミングデータをダウンロードし、それらを再生する端末を動的に変更することにより、デバイスハンドオーバーを実現する研究が多く見られるので、そのような単方向通信におけるデバイスハンドオーバー技術も含め、既存技術の調査および本研究への応用を検討した。

③PAN 環境構築に関する研究

有線ネットワークも含め、PAN 環境を構成するネットワーク技術に関して調査し、問題点の洗い出しと本研究への応用を検討した。

④赤外線通信 (IrDA) に関する技術調査

現在赤外線通信に関して数多くの方式が提案あるいは標準化されており、特に、双方向通信のセッション確立時間を短時間に行う方式として本研究に応用できそうなものを調査するとともに、空間的通信可能範囲を到達距離、角度の観点から検討した。また、現

在携帯電話に装備されている赤外線通信の規格に関しても検討した。

(2) 赤外線通信を用いた予備実験

①通信可能範囲の算出

小型コントローラから赤外線ターゲットのデバイスに照射し、空間的にどの程度の範囲内（距離、角度）で通信可能となるかを実際に実験し、コントローラのデバイス選択に関する正確度を算出した。

②採用する赤外線通信方式の検討

小型コントローラとターゲットの通信デバイスとの間の通信方式として、双方向ともに赤外線通信を用いるべきか、送信を赤外線通信で受信を無線 LAN 経由で行うべきか、レスポンスタイムと実用可能通信範囲をもとに検討した。

(3) システムアーキテクチャの検討

①SIP サーバの設計と製作

本研究で検討するデバイスハンドオーバー・システムでは、コネクション型の通信メディアとして、テレビ電話のような映像と音声ストリームを取り扱う。その際、呼接続プロトコルとして現在 IP 電話のデファクトスタンダードとなっている SIP (Session Initiation Protocol) を用いるため、SIP サーバが必要であり、その実装機能範囲の検討および製作を行った。

②小型コントローラと通信デバイス間の情報のやり取りに用いる通信プロトコルの考案、および、その通信プロトコルを含め、デバイスハンドオーバー制御通信フローの検討を行った。

③セキュリティ対策の検討

デバイスハンドオーバーを行う際、通信端末の切り替えに伴うセキュリティホールが問題となる可能性がある。特に、ハンドオーバー実行時の短い時間内に、ハンドオーバー先デバイスが予期せぬ端末からの成りすましコネクションを受けることが無いよう、セキュアなセッション管理の導入を検討した。また、通信相手からみると、デバイスハンドオーバーによって今までセッションに関与していなかったデバイスと通信を始めることになるので、ハンドオーバーによって新たな特定されたデバイスとのみ通信を行うことができる仕組みを考案した。

(4) メディアの分離・統合方法の検討

テレビ電話では映像、音声の2種類のメディアを扱うが、双方向通信を行うためには送受信を含め、カメラ、マイクロフォン、ディスプレイ、スピーカの4つのデバイスを用いることになる。デバイスハンドオーバーを行うと、ハンドオーバー先のデバイスが必ずしも全部のデバイスの機能を持っているとは限

らず、不足している機能に関してはハンドオーバー元のデバイスをそのまま使い続ける必要があり、上記4つのメディアを分離して取り扱う必要がある。また、分離されたメディアを統合してもとのデバイスに戻すハンドオーバー操作もあり得る。このように、メディアの分離・統合に対処するための仕組みを検討した。

(5) シミュレーションによる実現性のチェック

実際にプロトタイプシステムを製作する前に、考案システムに問題がないかどうかをチェックするため、ソフトウェアシミュレータによるシミュレーションを行った。

(6) デバイスハンドオーバー・システムのプロトタイプ製作

本システムプロトタイプを製作するにあたり、以下のクライアントデバイスと小型コントローラを用意した。

- ① カメラ、マイクロフォン、ディスプレイ、スピーカ機能をもったテレビ電話端末 2 台
- ② カメラ機能をもった通信デバイス 1 台
- ③ マイクロフォン機能をもったデバイス 1 台
- ④ ディスプレイ機能をもったデバイス 1 台
- ⑤ スピーカ機能をもったデバイス 1 台
- ⑥ 小型コントローラ 1 台

しかしながら、市販の上記4デバイス（カメラ、マイクロフォン、ディスプレイ、スピーカ）は本研究で利用できるような赤外線通信機能や IP 通信ができる機能をもっていないため、各々ノートパソコン上に実装した。また、オペレーティングシステムとして WindowsXP を使う予定であるが、現在 WindowsXP 環境では、IrDA のプロトコルを直接制御できるインタフェースが公開されていないため、実装の際に対策を講じなければならない。そこで、PDA のようなデバイスを赤外線受光部として利用し、PDA とノートパソコンをシリアルインタフェースでつなぎ、WindowsXP からはシリアル通信制御によって IrDA のプロトコルをハンドリングする方法をとった。

小型コントローラに関しては、無線 LAN 機能をもった PDA を利用した。

(7) 実証実験

製作したプロトタイプシステムを用いて、デバイスハンドオーバー機能をテストした。クライアントの配置を変え、小型コントローラによるデバイス選択の正確度を取得するとともに、小型コントローラを用いた赤外線によるデバイス指定の稼動範囲等を測定した。

(8) システムの性能評価

デバイスハンドオーバーの開始から、メディアが確実にハンドオーバー先デバイスへ移動するまでの時間を測定し、ハンドオーバー遅延時間を取得した。また、シミュレーションによって予想される遅延時間と比較し、その整合性を検証した。

4. 研究成果

本研究における検討により、実現したプロトタイプシステムのアーキテクチャを図1に示す。また、図2に、製作したテレビ電話端末の表示画面を示す。右側の大きい映像表示は通信相手端末から送られてきた映像で、左側の小さい映像表示は自端末のビデオカメラ映像である。また、通信状態が一目でわかるように、SIPメッセージをログの形で表示するウィンドウも実装した。

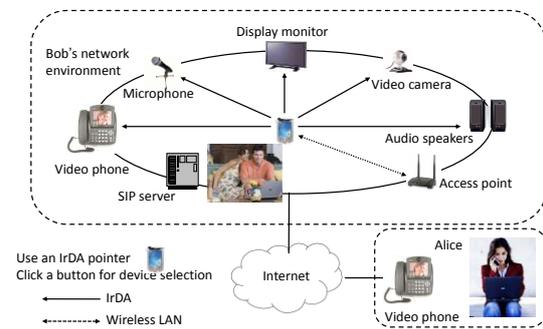


図1 システムアーキテクチャ



図2 テレビ電話端末の表示画面

また、本システムを用いてテレビ電話端末のうち、ディスプレイ機能のみを他のデバイスに移動する制御シーケンスを図3に示す。PDAを用いた小型コントローラを通信端末に向けてボタンを押すだけで、これらの動作が問題なく稼働した(図4)。これにより、提案したデバイスハンドオーバーが間違いなく実現できることを実証した。

セキュリティ対策においても、新たな提案を行い実現することができた。すなわち、デバイスハンドオーバーを実行できるユーザーを限定するため、携帯電話のSIMカードに対応する認証機能の応用を検討した。具体的には、

ユーザーが利用する携帯型リモコン(PDA: Personal Digital Assistant)に差し込むSDカード内に認証情報を記述し、その情報をSIPの認証機能と連動させることにより、限定されたユーザーのみがハンドオーバーを実行できる工夫を考案した。

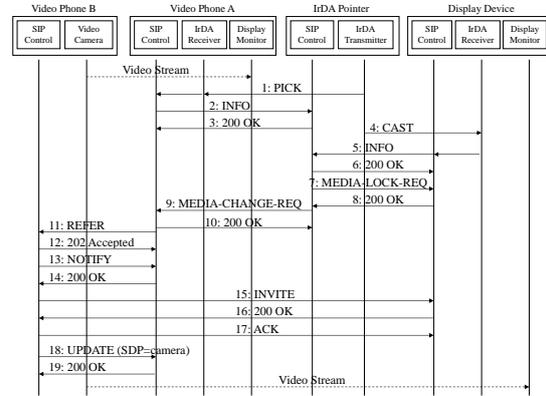


図3 デバイスハンドオーバーフローの例



図4 ハンドオーバー操作

また、システムの性能評価として、デバイスハンドオーバーの開始から、メディアが確実にハンドオーバー先デバイスへ移動するまでの時間を測定し、ハンドオーバー遅延時間を取得した。図5にその結果を示す。

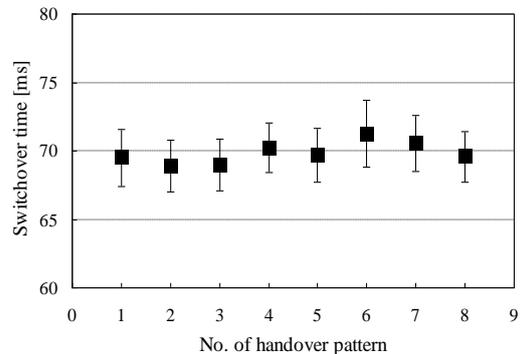


図5 ハンドオーバー遅延時間

ここで、横軸はハンドオーバーを行うメディア間の組み合わせを示し、その詳細を表1に表す。これらの結果より、本システムにお

るハンドオーバー遅延時間はワイドエリアネットワーク遅延に比べると十分無視できる値であることが確認された。

表1 ハンドオーバー遅延時間測定条件

Pattern No.	Source device	Destination device	No. of measurement
1	video phone	display	20
2	video phone	microphone	20
3	video phone	camera	20
4	video phone	speaker	20
5	display	video phone	20
6	microphone	video phone	20
7	camera	video phone	20
8	speaker	video phone	20

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 14 件)

[1] ジャーナル(査読あり)

- (1) Md. Nurul Huda, Faizana Yasmeen, Eiji Kamioka, and Shigeki Yamada, "Optimal Path Selection in MANET considering Network Stability and Power Cost", ANSI Information Technology Journal, Vol.6, Issue 7, 2007, pp.1021-1028.
- (2) Mingmei Li, Eiji kamioka, and Shigeki Yamada, "Pricing to Stimulate Node Cooperation in Wireless Ad Hoc Networks", IEICE Transactions on Communications, Vol. E90-B, No. 7, 2007, pp.1640-1650.
- (3) Md. Nurul Huda, Eiji Kamioka, and Shigeki Yamada, "Design, Analysis, and Evaluation of Mobile Agent based Privacy Protection Scheme for Multi-party Computation Problem", 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 6, 2007, pp. 2085-2096.
- (4) Ved P. Kafle, Sangheon Pack, Yanghee Choi, Eiji Kamioka, and Shigeki Yamada, "IIPP: Integrated IP Paging with Power Save Mechanism", Wiley Wireless Communications and Mobile Computing (WCMC), Vol.7, Issue 5, June, 2007, pp.553-568.
- (5) Md. Nurul Huda, Eiji Kamioka, and Shigeki Yamada, "An Efficient and Privacy-aware Meeting Scheduling Scheme using Common Computational Space", IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E90-D, No. 3, 2007, pp.656-667.
- (6) Ved P. Kafle, Eiji Kamioka and Shigeki Yamada, "CoMoRoHo: Cooperative mobile

router-based handover scheme for long vehicular networks", IEICE Transactions on Communications, Vol. E89-B, No.10, 2006, pp.2774-2785.

[2] 国際会議論文(査読あり)

- (1) Kentaro Tsuji and Eiji Kamioka, "Estimation of User's Position and Behavior Based on Measurements of Sensor Information", Proceedings of the 9th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (AHSP2009), Athens, Greece, March 23-25, 2009, pp.345-350.
- (2) Keiko Kamioka, Eiji Kamioka, and Shigeki Yamada, "An RF-ID Driven Holonic Control Scheme for Production Control Systems", Proceedings of International Symposium on Technologies and Applications of Radio Frequency Identification (TARFID2007), Jeju Island, Korea, October 11-13, 2007, pp.509-514.
- (3) Eiji Kamioka and Shigeki Yamada, "A Media Handover System with an IrDA Pointer", Proceedings of the 11th International Conference on Internet and Multimedia Systems and Applications (IMSA2007), Honolulu, Hawaii, USA, August 20-22, 2007, pp.62-67.
- (4) Md. Nurul Huda, Eiji Kamioka, and Shigeki Yamada, "A Mobile Agent based Computing Model for Enhancing Privacy in Multi-party Collaborative Problem solving", Proceedings of the 3rd International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2006), London, U.K., October 11-13, 2006, pp.107-114.
- (5) Ved P. Kafle, Eiji Kamioka and Shigeki Yamada, "A Scheme for Graceful Vertical Handover in Heterogeneous Overlay Networks", Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob2006), Montreal, Canada, June 19-21, 2006, pp.343-348.
- (6) Eiji Kamioka, Shigeki Yamada, Shigeru Morifuku, Makoto Gozu, Shigeo Takifuji, and Makoto Okita, "A User-driven Device Handover System in PAN Environments", Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Mobile Data Management 2006 (MDM2006), Nara, Japan, May 10-12, 2006,

- pp. 56-61.
- (7) Ved P. Kafle, Eiji Kamioka and Shigeki Yamada, "Extended Correspondent Registration Scheme for Reducing Handover Delay in Mobile IPv6", Proceedings of International Workshop on Future Mobile and Ubiquitous Information Technologies 2006 (FMUIT'06), Nara, Japan, May 9, 2006, pp. 110-114.
 - (8) Shigetoshi Yokoyama, Eiji Kamioka and Shigeki Yamada, "An Anonymous Context Aware Access Control Architecture", Proceedings of International Workshop on Managing Context Information and Semantics in Mobile Environments (MCISME), Nara, Japan, May 9, 2006, pp. 74-81.

[学会発表] (計 8 件)

- (1) 竹村友貴, 上岡英史, "バイブレーションを用いた近接データ通信方式", 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.108 No. 398, MoMuC2008-71, 名古屋工業大学, January 22, 2009, pp. 7-12.
- (2) 小清水郁, 上岡英史, "ジャストインタイム・サービス実現に向けたユーザの行動状態推定方式", 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.108 No. 398, MoMuC2008-70, 名古屋工業大学, January 22, 2009, pp. 1-6.
- (3) 辻賢太郎, 上岡英史, "センサ情報に基づいたユーザへのアラート方式", 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.108 No. 290, MoMuC2008-64, 九州工業大学, November 13, 2008, pp. 15-20.
- (4) 横山重俊, 上岡英史, 山田茂樹, "コンテキストウェアアクセス制御方式のユビキタスサービスへの適用事例 (A Ubiquitous Service Proposal on Context Aware Access Control Architecture)", 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.106 No. 498, MoMuC2006-64, 広島まちづくり市民交流プラザ, January 25, 2007, pp. 19-24.
- (5) Nurul Huda, Eiji Kamioka, and Shigeki Yamada, "Solving Multi-party Collaborative Problems with Privacy Protection", Proceedings of the IEICE Society Conference, Network Planning, Control, and Management BS-15-23, 金沢大学, September 20, 2006, pp. SE45-SE46.
- (6) Ved P. Kafle, Eiji Kamioka, and Shigeki Yamada, "Schemes for Network Mobility Management", Proceedings of the IEICE Society Conference, Network

Planning, Control, and Management BS-15-20, 金沢大学, September 20, 2006, pp. SE39-SE40.

- (7) Mingmei Li, Eiji Kamioka and Shigeki Yamada, "Pricing to Improve Cooperation in Wireless Ad Hoc Networks", 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.106 No. 44, MoMuC2006-19, 沖縄県青年会館, May 19, 2006, pp. 103-107.
- (8) Md. Nurul Huda, Eiji Kamioka and Shigeki Yamada, "Privacy Protection with Customized Java Sandbox Architecture", 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.106 No. 44, MoMuC2006-18, May 19, 沖縄県青年会館, 2006, pp. 97-102.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上岡 英史 (KAMIOKA EIJI)
芝浦工業大学・工学部・准教授
研究者番号: 90311175

(2) 研究分担者

山田 茂樹 (YAMADA SHIGEKI)
国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・教授
研究者番号: 80332154

(3) 連携研究者

なし