

端末間のシームレスな切り換えを実現する デバイスハンドオフ方式の提案

蕨野貴之 齊藤研次 杉山敬三

あらまし 現在、ユーザは外出先では PDA 等の携帯端末、自宅やオフィスではデスクトップ PC を使用し、またコンビニエンスストア等ではキオスク端末を利用するなど、必要に応じて複数の端末を使い分けている。今後、ユビキタス環境が整備されることで、ユーザが各所に偏在したコンピューティング資源を継続してシームレスに利用できることが求められる。本稿では、端末間でシームレスな切り換えを実現するデバイスハンドオフ方式の機能要件とシステム構成を明確化するとともに、特に、トランザクションやデータダウンロード、ストリーミングといったアプリケーションレベルでのセッション継続手法を提案する。また、試作システムを構築したので、システム構成や処理手順、性能評価の結果を報告する。

Proposal of a device handoff method for seamless communications

Takayuki WARABINO, Kenji SAITO and Keizo SUGIYAMA

Abstract Nowadays, users apply various types of devices according to the situation such as PDA and cellular phone outdoors, desktop PC at home or office and kiosk PC at convenience store. In the future ubiquitous environment, it is required to continue communications while changing devices located in surrounding areas. In order to realize seamless device handoff, this paper clarifies required functions and architecture, and then proposes continuation methods of application sessions for Web browsing, file download and streaming. System configuration of our developed system, handoff procedures and results of performance evaluations are also discussed.

1. はじめに

インターネットへのアクセス回線として、有線メディアにおいては、PSTN や ISDN によるダイヤルアップ接続からメタリック (ADSL) や光ファイバ (FTTH) などの高速サービスへ移行しつつあり、数 Mbps から数十 Mbps としたブロードバンド環境が実現され始めている。また、無線メディアにおいても、現行の PHS や携帯電話による数十 kbps 程度のデータ通信から、IMT-2000 による数百 kbps や IEEE802.11b による数 Mbps の公衆無線 LAN の試行サービスが始まっている。

このように各種の無線・有線メディアが様々な場所で使用できるようになると、いつでもどこでも高速なネットワークに接続可能となる、いわゆるユビキタス・ネットワーク環境が実現できるようになる。

他方、従来データ通信に使用する端末は PC に限られていたが、携帯電話にメールやブラウザ機能が組み込まれ、PDA (Personal Digital Assistants) に通信機能が搭載される等、端末の多様化が進んでいる。処理能力やディスプレイ画面の大きさ、操作性の面では PC が優れているが、可搬性では PDA や携帯電話が優れているように、ユーザは目的に応じて最適な端末を選択して、使用する必要がある。

このようにネットワーク及び端末の多様化が

(株)KDDI 研究所

KDDI R&D Laboratories Inc.

進む背景を踏まえ、筆者らは、ユーザの移動等により周囲の環境が変化した場合でも、最適な通信メディアや端末を選択し、かつ通信サービスをシームレスに継続するシームレス通信技術の研究開発を行っている。現在までに単一の端末上でセルラーシステム（e.g., PacketOne）と無線 LAN といった異なる通信メディアを切り換えるソフトウェアの開発を行った[1]。本稿では、端末側に着目し、端末間のシームレスな切り換えを実現するために必要となる機能要素やシステム構成を明確化するとともに、特に、アプリケーションレベルでのセッション継続手法を提案する。

2. デバイスハンドオフの概要

2.1 利用シナリオ

現在、ユーザは外出先では PDA 等の携帯端末、自宅やオフィスではデスクトップ PC を使用し、またコンビニエンスストア等ではキオスク端末を利用するなど、必要に応じて複数の端末を使い分けている。今後は、自宅のディスプレイやスピーカといった情報家電も利用対象となる。このようなユビキタス環境では、各所に偏在したコンピューティング資源を継続してシームレスに利用することが求められる。すなわち、使用中の端末から別の端末に操作を切り換えた場合に、切り換え先の端末でのプロセスの起動、通信の再接続等の処理をユーザに意識させることなく行う必要がある。本稿では、このような端末間のシームレスな切り換えを実現する方式をデバイスハンドオフと呼ぶ。

デバイスハンドオフの利用例として、以下のシナリオが想定される。

・シナリオ 1

帰宅途中の電車内で携帯電話を用いてストリーミングビデオを視聴しており、その後、自宅に帰った場合にリビング等に備え付けられた大型スクリーンでビデオの続きを視聴する。

・シナリオ 2

ビジネス的な利用例として、オフィスにおいてデスクトップ PC 等を用いてテレビ会議を行っている最中に、外出する用事ができた。移動中の車内では音声で会議への参加を継続し、目的地に到着後は携帯電話のショートメッセージで議事内容を受信する。

2.2 関連技術

近年、上記のようなシナリオを実現するデバイスハンドオフ技術の研究が盛んに行われている。これらの技術はアプリケーションの実行形態に応じて、サーバ処理型と分散処理型に大別できる。

サーバ処理型は SBC（Server-Based Computing）とも呼ばれ、実際のアプリケーションに関わる処理をサーバ上で行い、画面表示やキーボード操作等のユーザインターフェースの機能をリモート側の端末に持たせる。代表的なものに、Windows XP のリモートデスクトップやフリーソフトの VNC（Virtual Network Computing）[2] が挙げられる。これらのソフトウェアは、リモート端末がアナログ電話などの低速な回線に接続する状況に対応するため、色数の減色や画像の圧縮率を上げることで情報量を削減している。更に、文献[3]では、リモート端末として携帯電話や PDA といったディスプレイサイズが小さい端末を使用する場合を考慮し、画像サイズや表示形式の変換を行うサービスモビリティプロキシを提案している。

表 1. サーバ処理型と分散処理型の比較

方式	利点	欠点
サーバ処理型	<ul style="list-style-type: none"> ・リモート端末として、処理能力が非力な端末への応用が容易であり、なおかつ OS 等のプラットフォームへの依存性が低い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・サーバ上で、動画像の描画情報をフルレートで取得することは難しく、更に、元の画像に比べて圧縮率が低下する。 ・リモート端末 サーバ間の遅延時間が大きくなった場合に、ユーザの操作性が著しく劣化する。
分散処理型	<ul style="list-style-type: none"> ・ユーザの近くに存在する端末で処理を行うことで応答性に優れている。 ・各所に偏在したコンピューティング資源を活用するため、負荷が分散される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・各端末で多様なアプリケーションを動作させるために、プラットフォームの制約を受けやすくなる。

分散処理型は、ユーザが実際に使用する端末上でアプリケーションを処理する形態であり、ハンドオフの際に端末間で通信セッションを継続する手法が研究されてきた。端末間での通信セッションの切り換え制御には、IETF において標準化されている SIP (Session Initiation Protocol) を用いたものや、Medlar のように独自プロトコルを用いて行っているものがある[4-6]。

上記 2 つの方式の利点と欠点を表 1 に示す。利用形態やネットワーク・コンピューティング性能、プラットフォームへの依存性等に応じて優劣は異なるが、ここではスクリーンやスピーカ、情報家電等への適用を考える。この場合、ストリーミング再生に対応するには、通信効率や応答性の観点から、分散処理型が適している。また、分散処理型では、各端末で多様なアプリケーションを動作させるためにプラットフォームの制約を受けやすくなる欠点があるが、各デバイスは個々の役割を果たせば良く、アプリケーションは限定される。

以上の観点から、本稿では分散処理型に着目し、デバイスハンドオフの実現方法を検討する。

3. デバイスハンドオフの実現方法

3.1 機能要件

分散処理型において、デバイスハンドオフを実現するために必要となる機能を以下に整理する。

・端末発見、折衝機能

ユーザの周囲に存在し、かつハンドオフ可能な端末を発見する機能である。端末発見の方法として、以下の 2 つの方法が考えられる。

(a) 携帯電話をユーザが常時持ち歩くパーソナルデバイスと位置付け、無線 LAN や Bluetooth 等のローカル通信（近距離無線通信）を用いて近くに存在する端末を検索し、発見した端末とのネゴシエーションにより、端末切り換えや認証等を行う方法。

(b) あらかじめネットワーク側で端末の情報を管理し、ユーザの現在位置を通知することで、周囲に存在する端末の情報を取得する方法。

先のシナリオのように、通常ハンドオフする端末は物理的にユーザの近くに配置されるので、(a)の方法で端末を発見できるが、全ての携帯電話や PC、情報家電にローカル通信を装備する必要がある。また、(b)の方法では、屋内においてもユーザの位置情報を正確に取得する機構が必要となる。

・応用セッション継続機能

通信アプリケーションの継続した利用を可能にするため、アプリケーションレベルでのセッション（以降、応用セッションと記述）を継続する機能である。端末には応用セッション継続に必要な情報を取得し、ハンドオフ先の端末に転送する処理が必要である。また、データのダウンロードやストリーミングといった連続的にデータを受信するアプリケーションに関して、ネットワーク側でハンドオフ前の端末からハンドオフ先の端末にデータの経路を切り換える処理が必要となる。

・プロファイル転送機能

個々にカスタマイズされたコンピューティング環境の継承を可能とするため、ユーザ毎の環境設定や個人情報などのプロファイルを端末間で転送する機能である。転送手段として、ローカル通信を介して端末間でダイレクトに転送する方法と、ネットワークを介して転送する方法が考えられる。通常、ローカル通信の通信速度はネットワークへの接続に比べて高速であり、かつネットワーク負荷の低減の観点から、ローカル通信で転送することがより効率的な方法と言える。

・コンテンツ変換機能

シナリオ 1 における携帯電話から大型スクリーンへのハンドオフのように、端末間でディスプレイサイズや搭載機能、通信回線の帯域などが異なる場合に、それらの特性に応じた画像サイズやコンテンツのデータ量の変換、さらにはシナリオ 2 における音声から文字データといったように、メディアの形式自体の変換を行う機能である。これらを実現するには、端末の特性に応じてサーバ側でコンテンツの変換を行うか、あるいはコンテンツ変換を代行するプロキシサーバをネットワークに配置することが考えられる[7]。

・移動管理機能

IP 電話といったピア・ツー・ピア型のアプリケーションを想定して、通信相手がどの端末を使用しているかを把握する機能である。そのため、ユーザが使用している端末の IP アドレス等の情報をネットワーク側で管理する必要がある。

・セキュリティ

デバイスハンドオフを実現するにあたり、セキュリティの問題は重要であり、上記の各機能で必要となる。例えば、端末発見・折衝では、不正なユーザからのハンドオフを阻止するため、端末あ

信済みのデータをハンドオフ先端末に転送するとともに、プロキシサーバはハンドオフ前端末に送信していたデータをハンドオフ後端末に送信するよう経路の切り換えを行う。これにより、ハンドオフ先端末ではハンドオフ前端末およびプロキシサーバの双方から同時にデータを受信できるので、ダウンロード時間の短縮が可能となる。

・ストリーミング（例：オーディオ、ビデオ）

全てのデータを取得しなくとも、途中からのデータで処理可能な応用である。サーバ側で、指定された再生位置からストリーミングを配信する機能の有無に応じて、以下の2つの実現方法がある。

(a) サーバに上記の機能がある場合

ハンドオフ前端末で視聴していたコンテンツの情報に加えて、再生位置をハンドオフ先端末に転送する。ハンドオフ先端末は指定された再生位置から該当コンテンツを取得・再生することで、継続的なストリーミングの視聴が可能となる。

(b) サーバに上記の機能がない場合

データダウンロードと同様に、ハンドオフ時にプロキシサーバで経路の切り換えを行うことで、切り換え後のデータをハンドオフ先端末に送信する。このとき、端末かプロキシサーバにおいてストリーミングデータを加工することで、端末がデータストリームを途中から受信した場合でも、正しく復号・再生することが可能となる。

5. 試作システムの開発と性能評価

提案方式の検証を行うことを目的とし、試作システムを開発したので、そのシステム構成と処理手順、性能評価結果を説明する。

5.1 システム構成

図2にシステム構成を示す。本システムは網側のネットワークプロキシ（NP）と図1での端末管理サーバに相当するDNSサーバ、ユーザ端末から構成する。ユーザ端末は、PDAや携帯電話のように可搬型で、移動通信等の無線メディアでネットワークに接続する携帯端末と、特定の場所に設置され、高速な有線回線でネットワークに接続する固定端末に分類した。移動端末・固定端末間はローカル通信である無線LANのアドホックモードで接続する。更に、固定端末には表3の端末種別を付与し、端末種別に応じてハンドオフの実施形態に差をつけた。

本試作では、網側のNPとユーザ端末内のマネージャ、クライアントプロキシ（CP）を新規に開発した。マネージャはローカル通信を用いた端末発見やセッション情報・プロファイル情報の授受、Webブラウザ・ストリーミング再生ソフトの起動制御、DNSサーバへの端末情報の登録を行う。NPおよびCPはHTTP（HyperText Transfer Protocol）[8]のプロキシプログラムであり、連携動作することで、データダウンロードの継続を実

表2. ハンドオフの実現に必要な機能

アプリ種別	端末	プロキシサーバ
トランザクション	(共通機能) ・アクセス中のデータのURL	-
データダウンロード	(Uniform Resource Locator) を取得する機能 ・取得した情報を端末間で転送する機能 ・ハンドオフ前後の端末において、アプリケーションの起動・終了を制御する機能	・ハンドオフ前端末に送信していたデータをハンドオフ後端末に送信するよう経路を切り換える機能
ストリーミング	(a)	-
	(b)	・ハンドオフ前端末に送信していたデータをハンドオフ後端末に送信するよう経路を切り換える機能
	・セッション間の関連性（セッション情報）を取得する機能 ・ハンドオフに備え、すでに受信したデータをキャッシュする機能 ・ハンドオフ後、ハンドオフ前端末およびプロキシサーバの双方から受信したデータを、整合性を保ちつつ統合する機能 ・視聴中のストリーミングの再生位置を取得する機能	・データストリームを途中から受信した場合でも、正しくデコードできるように、ストリーミングデータを加工する機能（端末かプロキシサーバのいずれかに必要）

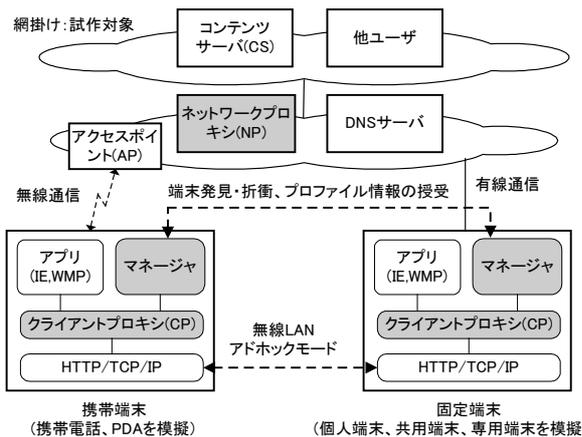


図2．試作システムの構成

現する．このように，ハンドオフに関する処理をマネージャやNP, CPに代行させることで，既存のサーバやアプリケーションを修正することなく，デバイスハンドオフの実現を可能とした．

5.2 試作機能

本試作で実装した機能を以下で説明する．

・端末発見・折衝機能

3.1で説明した(a)の方法に従い，移動端末はローカル通信を用いてハンドオフ可能な固定端末を検索し，固定端末から提示される端末種別や回線速度，ハンドオフ可能な機能の情報に基づき，実際にハンドオフする端末と機能をユーザが選択する．また，不正ユーザのハンドオフを阻止するため，端末およびユーザレベルでの認証手段を実装した．今回の実装では，各固定端末が端末情報やユーザ情報のデータベースを持つことを想定したが，認証時に固定端末がネットワーク側の認証サーバに問い合わせる形態も考えられる．

・応用セッション継続機能

応用セッションの継続として，Web，データダウンロード，ストリーミングを対象とし，4.1

で提案した方式を実装した．以下では，データダウンロードに関するハンドオフ処理をHTTPに適用した場合の処理手順を説明する(図3)．

(1)~(8): ダウンロードの開始にともない，携帯端末はリクエストをNPに送信し，NPはそれをコンテンツサーバ(CS)に中継する．サーバからのデータ受信後，携帯端末のCPはアプリケーションにデータを送信するとともに，ハンドオフに備えて受信データを一時的にキャッシュする．

(9)~(11): ユーザからハンドオフの実行指示があると，固定端末のCPにハンドオフの実行を通知し，携帯端末上のアプリケーションを終了する．

(12)~(14): ハンドオフの実行通知を受けた固定端末は，リクエストをNPに転送し，固定端末上でアプリケーションを起動する．

(15)~(17): NPは携帯端末とのコネクションを切断し，送信途中のデータを固定端末に送信する．

(18)~(21): NPでの経路切替後，携帯端末ですでに受信したデータを固定端末に転送し，固定端末はアプリケーションにデータを送信する．このとき，NPと携帯端末の両方から受信したデータが正しい順番になるよう，携帯端末から受信した全データをアプリケーションに送信した後に，NPから受信したデータを送信する．

なお，squid[9]等で実装されているHTTP/FTPの変換機能をNPに実装することで，FTPサーバからのダウンロードについても上記の手法で対応可能である．

・プロファイル転送機能

プロファイル情報として，クッキー，ブックマーク，Windowsのプロファイルアシスタントで管理されているプライベート情報(e.g., 名前, 住所, 電話番号, メールアドレス等)を転送するようにした．プライベート情報は，Webのフォームで情報を入力する際の自動入力等に利用可能である．

表3．固定端末での端末種別の説明とハンドオフの実施形態

端末種別	説明	ハンドオフの実施形態
個人端末	個人で所有する端末であり，本人のみが利用可能	すでにプロファイル情報を保持している可能性があるため，差分の情報のみを転送し，転送時間を短縮する．
共用端末	キオスク端末のように複数ユーザで共有して使用可能	携帯端末への切戻し時に共用端末上のプロファイル情報を消去することで，情報の漏洩を防止する．
専用端末	スクリーンやスピーカのように，特定の機能に特化した端末	専用端末でサポートしている機能のみをハンドオフ可能とする．例えば，スクリーンにビデオのみをハンドオフし，他のアプリケーションは元の端末で継続する．

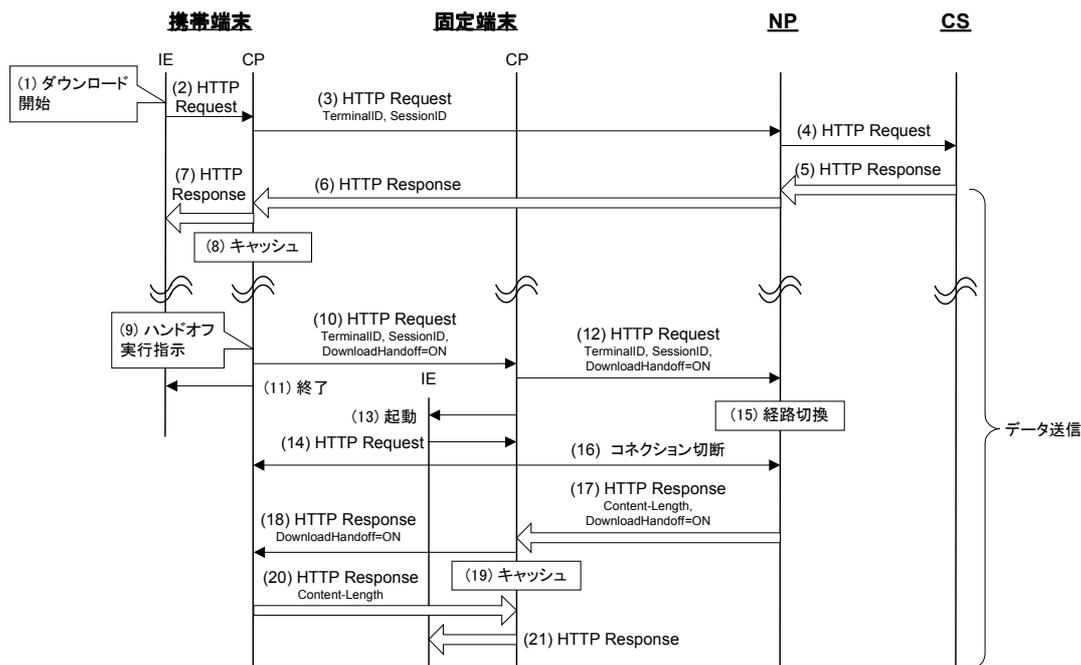


図3 . HTTP を用いたデータダウンロードのハンドオフ手順

・ 端末管理機能

ユーザ毎に FQDN (Fully Qualified Domain Name) を割当て、使用する端末を変えた際に DNS Update[10]として規定されている方法に従い、ハンドオフ先の端末の IP アドレスを DNS サーバに登録することとした。これにより、通信相手がハンドオフを行った場合でも、FQDN からハンドオフ先の端末の IP アドレスを取得でき、呼び出しが必要なピア・ツー・ピアアプリケーションの利用が可能となる。

5.3 性能評価

上述の試作システムを用いて、デバイスハンドオフに要する時間を測定した。測定では、ローカル通信として IEEE 802.11b と 11a を使用し、ダウンロード継続の実施の有無でそれぞれ測定を行った。なお、ダウンロードの継続を実施する場合には、ファイルを 2MB ダウンロードした時点でハンドオフを実行した。

測定パラメータを表 4 に、測定結果を表 5 に示す。表 5 での「前処理」はプロファイル情報のリストの作成や端末間でのリストの交換等の処理であり、「情報転送」はセッション情報およびプロファイルの転送処理、「後処理」は Web ブラウザやストリーミング再生ソフトの起動・終了等の処理である。

表 5 より、ローカル通信として IEEE 802.11b

表 4 . 測定パラメータ

プロシのマシ性能	CPU: Pentium III 800MHz , メモリ容量 : 256MB , OS : Linux (Kernel 2.4.18)
ユーザ 端末のマシ性能	CPU : Celeron 600MHz , メモリ容量 : 256MB , OS : Windows XP
ローカ通信	IEEE 802.11b / 11a
クッキーのファイル数	10 ファイル
ブックマークのファイル数	10 ファイル
測定回数	5 回

表 5 . 測定結果 (単位 : sec)

ローカ通信	IEEE 802.11b		IEEE 802.11a	
	なし	あり	なし	あり
ダウンロード継続				
ユーザ 認証	0.4	0.4	0.4	0.6
前処理	0.4	0.5	0.3	0.3
情報転送	1.9	9.1	1.2	3.1
後処理	4.6	7.2	4.9	6.9
DNS Update	1.0	1.0	1.0	1.0
合計	8.3	18.1	7.8	11.9

を使用し、ダウンロード継続を行わない場合には、全体の処理時間は 10 秒未満であり、試作システムとして実用的な性能を得ることができた。また、全体の処理時間のうち、半分程度の時間を後処理であるアプリケーションの起動・終了に要してお

り、これらの処理を最適化するか、あるいは専用端末等においてあらかじめ機能を起動しておくことで、大幅に短縮することが可能である。

また、ダウンロード継続の有無で比較すると、ダウンロード継続を行う場合には、ハンドオフ前の端末で受信したデータをハンドオフ先の端末に転送するため、転送時間が増加していることが分かる。転送時間はローカル通信の通信帯域や転送を行う情報量に依存し、表5より、より高速なIEEE 802.11aを利用した場合には、転送時間を1/3程度に短縮できることが分かる。今後、UWB (Ultra-wideband)等のローカル通信の高速化にともない、更なる転送時間の短縮が見込まれる。

なお、今回の試作では、各処理を逐次的に行うように実装したが、ダウンロード継続の完了を待つことなく、必要な情報を取得した段階でWebブラウザやストリーミング再生ソフトを起動する等により、ユーザの体感時間をより短くすることが可能である。

6. 考察

上記では、インターネット上で広く利用されている3種類のアプリケーションを対象に検討を行ったが、他に利用頻度が高いアプリケーションとして電子メールへの応用を考察する。

メールの送受信といった通信途中以外のハンドオフであれば、先のプロファイル転送と同様の方法により、蓄積されたメールやアドレス帳の情報をハンドオフ先の端末に転送することで、データの引継ぎが可能である。また、データ量の多いメールを受信中にハンドオフを行う場合には、応用セッション継続のデータダウンロード手法を適用することが通信効率の観点から効率的である。図3で述べたハンドオフ手順はHTTP特有の機能を使用しておらず、ハンドオフの実行をプロキシサーバに通知する処理等を追加することで、メールの受信プロトコルであるPOP (Post Office Protocol)への対応も容易に行える。

以上のように、検討対象とした3種類のアプリケーション以外でも、本稿で述べた手法を組み合わせることで、多数のアプリケーションへの応用が可能である。

7. おわりに

本稿では、端末間でシームレスな切り換えを実現するデバイスハンドオフ方式の機能要件とシステム構成を明確化するとともに、特に、トランザクションやデータダウンロード、ストリーミングといったアプリケーションレベルでのセッション継続手法の提案を行った。また、試作システムのシステム構成や処理手順を説明するとともに、性能評価によりハンドオフに要する時間をアプリケーションの起動時間等も含めて10秒以下にできることを示した。今後は、ネットワーク機能との連携を密にする等により、更なる高機能化の検討を行う予定である。

謝辞

最後に、日頃ご指導いただく、KDDI 研究所浅見 所長、篠永執行役員に感謝致します。

参考文献

- [1] 齊藤,他,“異種無線通信メディア間切り換えソフトの開発,” 2003 信学会総合大会 B-5-289, Mar. 2003.
- [2] Real VNC, <http://www.realvnc.com/>.
- [3] 長谷川,他,“サービスモビリティプロキシの設計と実装,” 情報処理学会 モバイルコンピューティングとワイヤレス通信研究会(MBL) 第24回研究報告会, MBL-24-10, Mar. 2003.
- [4] IETF RFC 3261, “SIP: Session Initiation Protocol”, Jun. 2002.
- [5] 中西,他,“コピキタスネットワークにおけるサービスモビリティ技術の提案,” NTT R&D, Vol.52, No.3, pp55-62, Mar. 2003.
- [6] 片山,他,“異種ネットワーク間におけるサービスの連続性の実現方法,” 信学会論文誌 B, Vol. J84-B, No.3, pp.452-460, Mar. 2001.
- [7] T.Warabino et al., “Video Transcoding Proxy for 3Gwireless Mobile Internet Access,” IEEE Communications Magazine, Oct. 2000.
- [8] IETF RFC 2068, “Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1,” Jan. 1997.
- [9] Squid Web Proxy Cache, <http://www.squid-cache.org/>.
- [10] IETF RFC2136, “Dynamic Updates in the Domain Name System (DNS UPDATE),” Apr. 1997.