

## SIP を用いた環境適応型パーソナル通信アーキテクチャの提案

上岡英史 山田茂樹

国立情報学研究所

ユービキタスコンピューティング・ネットワークにおいて、時々刻々変化するユーザの環境に合わせて利用可能な通信端末 (PC, 携帯電話機等) と通信メディア (音声, テキスト等) を自動的に選択し, それらに合わせてメディアやサービスを自動変換する新しい通信方式「環境適応型パーソナル通信 (EAPEC: Environment-Adaptive Personal Communication)」を提案する. EAPEC は 3GPP のネットワークアーキテクチャとそこで採用されている呼接続プロトコル SIP (Session Initiation Protocol) をベースに, Universal Communication Navigator や Media Processing Server 等の機能モジュールを追加することによって実現できる.

### Proposal of SIP-based Environment-Adaptive Personal Communication Architecture

Eiji Kamioka and Shigeki Yamada  
National Institute of Informatics

This paper proposes a new type of communication, called EAPEC (Environment-Adaptive Personal Communication) for ubiquitous computing networks. EAPEC accepts a communication message from a sender, automatically selects the most appropriate communication device and media type for a receiver, converts the sender's message into the one acceptable to the receiver, and finally forwards the converted message to the receiver. The EAPEC network architecture can be implemented based on SIP (Session Initiation Protocol) and a 3GPP network architecture by simply adding functional modules including universal communication navigators and media processing servers.

#### 1. はじめに

近年, 携帯電話や PDA (Personal Digital Assistants) をはじめとするパーソナル・モバイル通信技術の著しい発展に伴い, 学術分野および産業界においてユービキタスコンピューティング [1][2] への関心が急速に高まってきている. しかしながら, いつでもどこでも必要な情報を取得・発信するというだけでなく, コンピュータが事実上ユーザからは見えなくなる (コンピュータの不可視性) という「真のユービキタスコンピューティング」を実現するためには, 人間が意識的にコンピュータを使って情報を送受信するのではなく, コンピュータが人間の環境に合わせて情報の流れを提供する世界を構築しなければならない.

本研究では, ユービキタスコンピューティング・ネットワークにおいて, 時々刻々変化するユーザの環境

に合わせて最適な通信端末と通信メディアを自動的に選択し, それらに合わせてメディアやサービスを自動変換する「環境適応型パーソナル通信 (EAPEC: Environment-Adaptive Personal Communication)」を提案する. 本稿では EAPEC のコンセプトを明確化し, そのアーキテクチャおよび基本的実現方法について検討を行う.

#### 2. EAPEC とユービキタスコンピューティング

1980 年代後半から, 「ユービキタスコンピューティングの父」こと Mark Weiser (当時 米 Xerox Palo Alto Research Center 勤務) [3] を中心にユービキタスコンピューティングの研究およびその実験システムが開発されてきた. 「ubiquitous」の語源はラテン語で「どこにでも存在する」という意味である.

ユービキタスコンピューティングは、「身の回りの環境に無数のコンピュータを取り込むことによってその用途を広げ、最終的にはユーザからは事実上コンピュータが見えなくなる」というものである。すなわち、ユービキタスコンピューティングの最終目標は、無線か有線かという通信手段などにとらわれることなく、日常生活に自然に溶け込んでいるあらゆるコンピュータを、人々が使用しているという事実を意識することなく情報交換をしてくれる環境を構築することである。

ユービキタスコンピューティングでは、ユーザは多種多様な通信端末を時々刻々その環境を変化させながら利用すると考えられるが、現在のコンピュータ・ネットワーク環境においては、ユーザが常に通信サービスの種類を意識し、さらに、何種類もの通信端末の使用方法を習得する必要がある。高齢者や障害者にとっては便利な環境とは言い難いものである。

EAPEC は通信サービスの種類に依存することなく、かつ、通信端末の変化に対してユーザがストレスを感じることなくパーソナル通信を行うことを目的として考え出された通信システムで、ユービキタスコンピューティングの「不可視性」を実現するための一要素技術として「環境適合」というテーマを選定したものである。これにより、人間からのアクセスによるコンピュータ中心の情報操作から人間中心の情報提供へと、人々の日常生活の背後に位置づける高機能なコンピューティング環境を築くことが可能となる。

### 3. 環境適応型パーソナル通信 (EAPEC) システム

#### 3.1 EAPEC の概要

EAPEC システムはユーザが利用するネットワークおよび通信端末の環境に合わせてパーソナル通信サービスを提供するシステムである。すなわち、本システムはユーザの位置情報や通信端末の機能・能力情報などネットワーク・クライアントの環境を常に把握し、受信ユーザの利用可能なデバイスの選択、メディア変換および通信サービス変換を自動的に行う。このような機能をネットワークシステムに組み込むことにより、ユーザにストレス・フリーな通信サービスを提供することが可能である。

EAPEC は IP (Internet Protocol) ネットワーク上での実装を前提としており、さらに、既設の IP ネットワークとの親和性・拡張性を重視するため、アプリケーション層も含めて通信制御プロトコルは極力標準化されたものを用いることにした。対象とするサービス

は、IP 系サービス (電子メール、Web、ビデオストリーム等) だけでなく、テレコム系サービス (電話、テレビ会議、FAX 等) も含む。したがって、コネクション型通信であるテレコム系サービスを IP ネットワーク上で行うためには、ITU-T 勧告 H.323 [4] プロトコルや SIP (Session Initiation Protocol) [5][6] のような呼接続プロトコルを使用しなければならない。EAPEC では、これに SIP を採用することにした。その理由は、SIP にはユーザのモビリティに対して柔軟に対応し得るメカニズムが組み込まれているからである。なお、SIP は 3GPP (Third Generation Partnership Project) [7] においてもリアルタイム系テレコムサービス用の呼接続プロトコルとして正式に採用されている。

#### 3.2 EAPEC に要求される機能

前節で述べたような EAPEC を実現するためには、以下の3つの機能をネットワークシステムに組み込む必要がある。

##### (a) コンテクストアウェアネス機能

ユーザの移動や行動に伴って変化するコンテキストを認知することで、ここではユーザの居場所、利用可能な通信端末、および、通信メディアを自動的に認識、通知することを示す。

##### (b) トランスコーディング機能

送信されたコンテンツを、受信者が利用しているネットワーク環境や端末能力などのためにそのままでは受け取ることができない場合、受信者のコンテキストに合わせて自動的にメディアやサービスを変換する。

##### (c) コンテンツフォワーディング機能

受信者が使用できる通信端末のうち最適なものを選択し、コンテンツを正確に配送する。

(b) のトランスコーディングに関しては、多くの優れた研究開発成果 [8] が報告されているのでその技術を流用し、本研究では、(a)(c) を中心にその実現方法を論じる。

### 3.3 基本構成

#### 3.3.1 SIP を用いた呼接続プロトコル

SIP は、SIP クライアントから SIP サーバに対してリクエストを送り、サーバはそれを処理するとともにレスポンスをクライアントに返送する動作を基本とした呼接続プロトコルである。おもなリクエストとし

て、ユーザの位置情報を登録・更新するための“REGISTER” リクエスト、呼接続を開始するための“INVITE” リクエストなどがある。また、レスポンスとしては、正常にリクエストが処理されたことを示す“OK” レスポンスなどがある。

SIP サーバは、ユーザ位置情報の登録を行う Registration Server, リクエストを次段のサーバに転送する Proxy Server, リクエストのリダイレクト先サーバアドレスを知らせる Redirect Server の3種類からなり、これらは IP ネットワーク上に配置される。これらのサーバのうち、Registration Server は登録情報および更新情報をロケーションサーバ (LS: Location Server) と呼ばれるデータベースに保存する。したがって、LS は物理的に Registration Server と同じホストに実装される可能性もある。

### 3.3.2 EAPEC の機能モジュール

SIP が実装された IP ネットワーク上の EAPEC は、UCN (Universal Communication Navigator), LS (Location Server), UPD (User Profile Database), TPB (Terminal Profile Database), MPS (Media Processing Server) の5つの機能モジュールから構成される (図1を参照)。以下、各モジュールについてその機能を述べる。

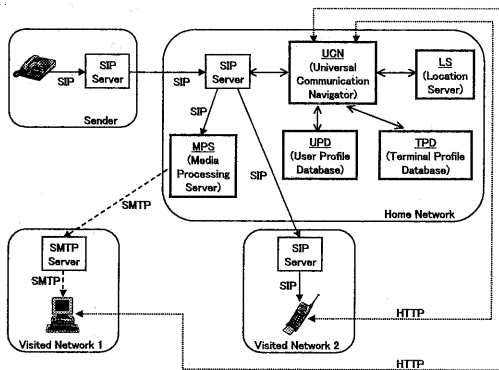


図1 EAPEC ネットワーク・アーキテクチャ

#### (1) UCN (Universal Communication Navigator)

ユーザの位置情報、ユーザ登録情報および通信端末情報の管理を行い、これらの情報を用いて送信されたコンテンツを受信者が受け取るのに最も適した端末およびサービスを選択し、その制御を行う。

#### (2) LS (Location Server)

SIP サーバからのリクエストを UCN の制御のもとに処理する。すなわち、REGISTER および INVITE リクエストに関して、ユーザの位置情報やコンタクト可能アドレス (SIP の仕様では、Contact ヘッダに書かれた URL を意味する) の保存、更新を行い、また、これらの問い合わせに対する結果を返す。コンタクト可能アドレスに対しては、それを制御する SIP サーバのアドレスも管理する。

#### (3) UPD (User Profile Database)

EAPEC のユーザに関する認証情報、課金情報、プリファレンス情報を管理するデータベースである。これらの情報に関する問い合わせは、UCN 経由で行われる。

#### (4) TPD (Terminal Profile Database)

ユーザが利用する通信端末情報を管理するデータベースである。管理項目は、ハードウェア情報、ソフトウェア情報、コンテキスト情報である。コンテキスト情報とは、現在その通信端末がどのような環境で利用されているか、すなわち、現在のディスプレイ解像度、音声再生モード ON/OFF 状態、通信速度などが該当する。また、ユーザがあるネットワーク内で利用していた通信端末を別のネットワークへ持って行き、異なるアドレスで利用することが考えられる。このような場合は、初期登録した通信端末のハードウェア情報、ソフトウェア情報はそのまま利用できるため、これらの情報と端末アドレスの対応関係も管理する。

#### (5) MPS (Media Processing Server)

利用可能通信端末が存在しない場合、あるいは、端末自体の能力・機能の制約などのために受信者が送信者と直接通信できない場合、受信者の代わりにいったんコンテンツを受信し、受信者が受信可能なようにメディア変換、サービス変換を行い、かつ、コンテンツを転送する。

MPS は、送信者からのコンテンツや受信者からの留守番メッセージ等を一時的に記憶、蓄積するコンテンツ記憶部、受信端末の能力・機能に合わせてコンテンツ変換を行うトランスコーディング部、UCN からの指示に基づくコンテンツ変換の制御と変換後のコンテンツに対する転送を制御する MPS ロジック部から構成される。

MPS は送信元からのリクエストをいったん終了してからメディア変換、サービス変換を行うので、音声やテレビ会議システムのようなリアルタイム系アプリケーションでは機能しない。FAX, E-mail,

あるいは、ボイスメールのように受信者への蓄積型アプリケーションとしてサービス変換を行うか、または、コンテンツをデータファイルとして MPS に蓄えておき、HTTP サーバや VOD サーバとして受信者から能動的にアクセスさせることになる。後者の場合はその旨、受信者宛てに利用可能な通信サービスを通して通知する。

なお、3GPP の SIP ネットワークアーキテクチャ[9]には LS と UPD を合わせたモジュールに相当する HSS (Home Subscriber Server)[10] が存在するが、EAPEC における UCN, LS, UPD, および、TPD は SIP サーバから見た場合、拡張型 HSS と見えるようにネットワーク内に実装する。これによって、EAPEC が提供するサービスを 3GPP の提唱する SIP ネットワークに円滑に導入することができる。

### 3.4 EAPEC システムの動作原理

EAPEC システムは上に述べた5つの機能モジュールを中心とした通信システムであるが、SIP ネットワークとのインタフェースを持ち、かつ、環境適合のための制御を実際に行うのは UCN と MPS である。

以下、これらのモジュールが行う制御内容および動作原理を述べる。

#### 3.4.1 UCN の基本動作

##### (a) ユーザ位置情報の制御

SIP を用いたネットワークにおいては REGISTER リクエストによってユーザの位置情報を LS に保存するが、SIP クライアントから REGISTER リクエストを実際に受け取るのは SIP サーバである。したがって、EAPEC では UCN が SIP サーバと LS との間のデータ交換を制御する。

##### (b) ユーザ登録情報の制御

REGISTER リクエストに付加されたユーザ認証情報をもとに UPD を参照し、登録の許可・不許可を制御する。また、ユーザが受けられるサービスや課金情報の管理も行う。

##### (c) 通信端末情報の制御

ユーザが使用する通信端末のハードウェア情報、ソフトウェア情報、端末コンテキスト情報を TPD に保存する。通信端末情報を TPD に登録するには HTTP を利用し、セッション制御とは独立に行う。端末情報の記述に関しては、W3C (World Wide Web Consortium) で提案されている CC/PP

(Composite Capability/Preference Profiles) [11] を利用する。以下、新規に端末を登録する手順を示す。なお、①～③は EAPEC クライアントが実行する登録手順である。

- ① ハードウェア情報を RDF (Resource Description Framework) [12] に基づいて XML[13] で記述する。
- ② ソフトウェア情報 (OS 情報、アプリケーション情報) を RDF に基づいて XML で記述する。
- ③ TPD を管理するサーバ (この場合は UCN) に対して上記2種類の情報を HTTP リクエストとして送信する。この際、ユーザ・プリファレンスも XML で記述し、サーバへ送ることも可能だが、ここではそれは拡張オプションとする。
- ④ HTTP リクエストを受け取ったサーバは RDF を展開し、通信端末機能・能力を TPD に保存する。

以上で通信端末の新規登録は完了であるが、端末のハードウェアおよびソフトウェアに変更があった場合は、その差分情報のみを再度 HTTP リクエストとして送信する。これを受け取ったサーバは TPD を更新する。ここで、RDF の情報が、ハードウェアベンダーあるいはソフトウェアベンダーによってインターネット上に HTTP 経由で提供されている場合は、その URL を XML で記述して間接参照を行うことができる。この場合、登録リクエストを受け取ったサーバはその URL を参照して各ベンダーの HTTP サーバにアクセスし、情報を取得してくる。

##### (d) 最適受信ホストの選択

SIP クライアントから送られてくる INVITE リクエストの message body に含まれる SDP (Session Description Protocol)[14] の内容からメディアタイプを把握し、TPD を参照することによって最適な端末を選択する。この際、トランスコーディングが必要とされる場合はその情報を付加し、MPS のアドレスに転送、あるいは、リダイレクトさせるようにする。

##### (e) 管理情報の更新

ユーザ位置情報の更新は、SIP の REGISTER リクエストにしたがって LS の内容を更新する。ユーザ登録情報は認証情報など SIP の REGISTER リクエストの許可・不許可に関わるものなので、SIP を用いて行うのではなく、TELNET や HTTP を用い

てその情報を更新する。通信端末情報の更新は上に述べたように HTTP 経由で行う。

### 3.4.2 MPS の基本動作

#### (a) コンテンツの蓄積

MPS は SIP サーバからリクエストを受け取った後、トランスコーディングを行うためにセッションをいったん終了する。したがって、送信されたコンテンツは一時的にハードディスクに蓄積される。また、トランスコーディング後のフォワーディング時に必要となる転送先アドレスも保存する。

#### (b) トランスコーディング

UCN からの指示にしたがい、メディア変換あるいはサービス変換を行う。メディア変換を実行する機能は MPS ロジック部が制御可能な複数のサーバの場合もあり得る。

#### (c) フォワーディング

トランスコーディング終了後、保存しておいた転送先アドレスで示されるホストにコンテンツを転送する。この際、SIP リクエストを用いるのであれば、新しいセッションとして実行する。

- (1) User は Home Network の SIP サーバに REGISTER リクエストを出す。
- (2) SIP Server は REGISTER リクエストのユーザ認証情報を受け取り、その情報とともに UCN へ認証要求を出す。
- (3) UCN は UPD に認証情報を問い合わせ、確認できた場合はその旨 SIP サーバに返答する。
- (4) SIP サーバは UCN 経由で LS へ User の位置情報を登録し、同様に UCN 経由で登録確認通知を受け取る。
- (5) SIP サーバは REGISTER リクエストに対する処理完了通知として、User に OK レスポンスを返す。
- (6) User は利用する通信端末から、RDF で記述された端末プロファイル情報を HTTP で UCN にアップロードする。
- (7) UCN は、端末プロファイル情報の中にハードウェアベンダーあるいはソフトウェアベンダーが運営する端末情報提供サーバの URL がある場合は、その URL にアクセスして端末情報をダウンロードする。
- (8) UCN は端末プロファイル情報を TPD に保存し、登録が完了した旨 User に通知する。

## 4. EAPEC の動作フロー

### 4.1 EAPEC の登録シーケンス

現在 Home Network にいる User が自分の位置情報および利用する通信端末を登録する場合の EAPEC 制御手順は以下ようになる。また、これらの EAPEC 機能モジュール間フローを図 2 に示す。

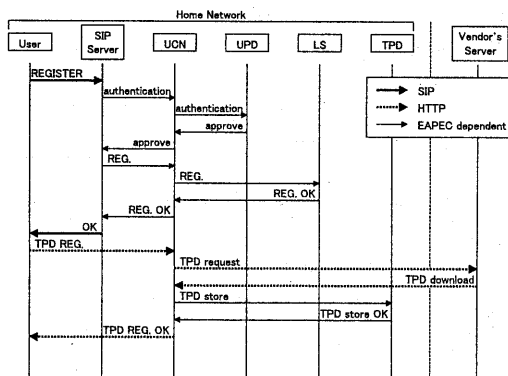


図 2 Home Network における登録リクエストフロー

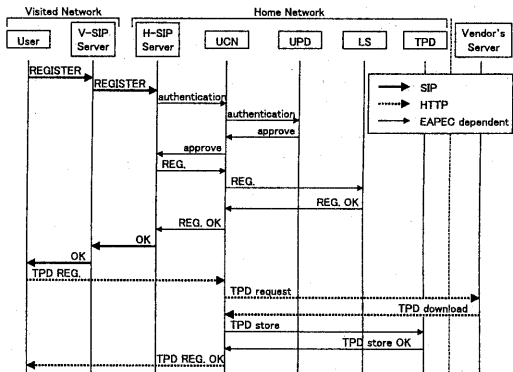


図 3 Visited Network からの再登録リクエストフロー

図 3 は、User が Visited Network に移動し、位置情報および通信端末情報を Home Network 内の LS および TPD に再登録する時の EAPEC 機能モジュール間フローを示す。図 2 と比較すると、SIP サーバが 1 段加わっただけで全く同様のフローであることがわかる。EAPEC では、ユーザが Home Network にいても

Visited Network においても、システムの基本的な動作シーケンスにおいては一貫性を保っている 3GPP の SIP ネットワークフローを継承するように設計している。

## 4.2 EAPEC のコールシーケンス

### 4.2.1 トランスコーディングを行わない場合

UserB が UserA に IP 電話をかけるが、UserA は Visited Network に移動して Home Network にある電話を使用できない状態を考える。UserA は Visited Network から Home Network の LS および TPD に対してクライアント情報の再登録を済ませており、Visited Network 内の携帯電話が利用可能である。このような環境で、UserB からの電話を UserA が Visited Network 内で受けるようにするための EAPEC 制御手順は以下のようなになる。また、これらのフローを 図 4 に示す。

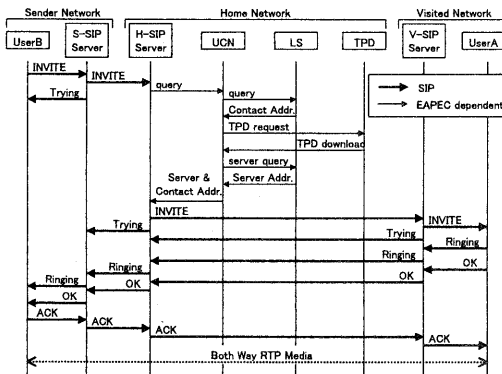


図 4 コールフロー (トランスコーディングなし)

- (1) UserB は 現在自分がいるネットワーク内の SIP サーバ (S-SIP Server) に UserA 宛での INVITE リクエストを送る。
- (2) S-SIP Server は INVITE リクエストを UserA の Home Network 内の SIP サーバ (H-SIP Server) に転送する。
- (3) H-SIP Server サーバは UserA の位置情報を UCN に問い合わせる。この時、UCN は INVITE リクエストの message body に含まれる SDP の記述から、通信メディアはリアルタイム音声であることを認識する。
- (4) UCN は LS から UserA の位置情報およびコンタ

クト可能アドレスを取得する。

- (5) さらに、UCN はこれらのコンタクト可能アドレスに対応する通信端末情報を TPD からダウンロードする。
- (6) UCN は (4)(5) で取得した情報と通信メディア情報から、UserA が受信するのに最適なコンテンツの転送先を決定する。この場合、UserA が Visited Network 内のアドレスで携帯電話を使用できることがわかったので、トランスコーディングを行うシーケンスには移行しない。
- (7) UCN は UserA の携帯電話を管理する SIP サーバのアドレス (V-SIP Server) を LS に問い合わせ、その結果と決定したコンタクトアドレスを H-SIP Server に通知する。
- (8) H-SIP Server は、V-SIP Server に INVITE リクエストを転送する。
- (9) V-SIP Server は UserA の携帯電話に INVITE リクエストを転送する。
- (10) UserA の携帯電話から Ringing レスポンスおよび OK レスポンスが INVITE リクエストと逆の順序で UserB まで送られる。
- (11) UserB から UserA の携帯電話に向けて、INVITE リクエストと同じ経路で ACK リクエストが送られる。

これらのフローによって、UserA は Home Network 内にかかってきた電話を Visited Network 内の携帯電話で受け取ることができるようになる。

### 4.2.2 トランスコーディングを行う場合

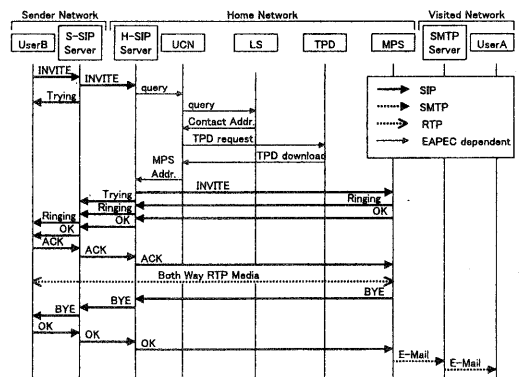


図 5 コールフロー (トランスコーディングあり)

トランスコーディングを行うシナリオとして、UserA

が Home Network から Visited Network に移動しているが、利用できる通信端末は電子メールを受け取る機能しかないものとする。この場合の EAPEC 制御手順は以下ようになる。なお、この場合もトランスコーディングを行わない場合の (1)~(5) の手順は全く同じなので、(6) 以降の手順を記述する。また、このフローを 図 5 に示す。

- (6) UCN は (4)(5) で取得した情報と通信メディア情報から、UserA が受信するのに最適なコンテンツの転送先を決定する。この場合、UserA が Visited Network 内のアドレスで電子メールを受け取ることだけができると判定されたので、トランスコーディング機能を利用するために MPS へ INVITE リクエストを転送するシーケンスに移行する。
- (7) H-SIP Server は MPS へ INVITE リクエストを転送する。
- (8) UserB と MPS との間で呼接続を確立し、RTP による双方向通信が可能となる。
- (9) UserB は MPS を相手に通話することになるが、あらかじめ用意されていた MPS 上の UserA の留守番電話メッセージを聞き、音声による録音メッセージを入れる。
- (10) メッセージ入力が終わると、MPS から呼切断シーケンスが開始され、UserB から送信した INVITE リクエストのセッションが終了する。
- (11) MPS は蓄積された音声メッセージをトランスコーディングによってテキストデータに変換し、その内容を電子メールとして UserA に送信する。

## 5. まとめ

ユービキタスコンピューティングの実現に向けた一要素技術として、身の回りのコンピュータ群をユーザの利用環境に適合させる、という概念に着目した「環境適応型パーソナル通信 (EAPEC)」アーキテクチャを提案した。EAPEC は既存の IP ネットワークに SIP を用いた呼接続シーケンスを取り入れ、テレコム系サービスも含めたパーソナル通信を提供する。

また、EAPEC のアーキテクチャは、既設の IP ネットワークとの親和性・拡張性を重視して設計されていることを示し、3GPP の提唱する SIP ネットワークにもそのまま実装できることを明らかにした。これによって、従来のアプリケーションをそのまま利用することができ、かつ、新しいアプリケーションの開発を容易にすることからも、モビリティを重視した次世代

IP ネットワークの基礎技術として採用されることを期待している。また、本研究を発展させ、ユーザおよび通信端末に対するコンテクストアウェアネスを導入し、コンピュータの Invisibility (不可視性) をも考慮した真のユービキタスコンピューティングを実現したいと考えている。

## 参考文献

- [1] Mark Weiser, "Hot Topics: Ubiquitous Computing", IEEE Computer, October 1993.
- [2] Mark Weiser, "Some Computer Science Problems in Ubiquitous Computing", Communications of the ACM, July 1993.
- [3] <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/UbiHome.html>
- [4] ITU-T Recommendation H.323.
- [5] M. Handley et al., "SIP: Session Initiation Protocol", RFC 2543, March 1999.
- [6] <http://www.cs.columbia.edu/~hgs/sip/>
- [7] <http://www.3gpp.org/>
- [8] [http://www.research.ibm.com/networked\\_data\\_systems/transcoding/](http://www.research.ibm.com/networked_data_systems/transcoding/)
- [9] 例えば、3GPP TSG-SA WG2 Draft, S2-001723, October 2000.
- [10] 3GPP TSG SA2 Draft, Tdoc S2-000687, April 2000.
- [11] <http://www.w3.org/TR/NOTE-CCPP/>
- [12] <http://www.w3.org/RDF/>
- [13] <http://www.w3.org/XML/>
- [14] M. Handley et al., "SDP: Session Description Protocol", RFC 2327, April 1998.