

## ユビキタス環境に適した無線 IP 携帯端末の設計と実装

藤野 信次<sup>†</sup> 原 政博<sup>†</sup> 福田 茂紀<sup>†</sup> 森 信一郎<sup>†</sup> 城ヶ崎 寛<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>株式会社富士通研究所 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4-1-1

<sup>‡</sup>ネットツーコム株式会社 〒141-0031 東京都品川区西五反田 7-9-2 五反田 TG ビル

E-mail: <sup>†</sup>{nibuji, mhara, sfukuta, smori}@labs.fujitsu.com, <sup>‡</sup>hiroshij@net-2com.com

**あらまし** 様々なネットワークやサービスが遍在するユビキタス環境に適した無線 IP 携帯端末を開発した。本稿では、まず端末の要件として可搬性と通話機能、多様なネットワークへの対応、ユーザコンテキストの検出・通知機能について述べる。次にそれらを満たす端末の設計と、その実用性を検証するために試作した端末の実装を示す。端末は携帯電話と同等の形状と操作性、CF カードスロットと汎用 OS によるオープン性を持ち、異種網シームレスローミングとプレゼンス通知のためのミドルウェアを搭載する。本端末の特徴を活かしたユビキタス電話システムへの応用についても述べる。最後に端末の評価として試作システムでのネットワーク状態検出・通知時間とシームレスローミングの性能を示す。本端末とシステムは製品化された。

**キーワード** Ubiquitous computing, Ubiquitous networking, ユビキタス環境, 無線 IP 電話, マルチ無線端末

## Design and Implementation of Wireless IP Communicator for Ubiquitous Computing and Networking Environment

Nobutsugu FUJINO<sup>†</sup> Masahiro HARA<sup>†</sup> Shigeki FUKUTA<sup>†</sup> Shinichiro MORI<sup>†</sup>

and Hiroshi JOGASAKI<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>Fujitsu Laboratories Ltd. 4-1-1 Kamikodanaka, Nakahara-ku, Kawasaki, 211-8588 Japan

<sup>‡</sup>Net-2Com Corporation Gotanda TG Bld. 7-9-2 Nishi-gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo, 141-0031 Japan

E-mail: <sup>†</sup>{nibuji, mhara, sfukuta, smori}@labs.fujitsu.com, <sup>‡</sup>hiroshij@net-2com.com

**Abstract** We developed a wireless IP communicator for ubiquitous computing and networking environment, wherein various networks and services omnipresent. In this paper, we firstly show the terminal requirement, that is, functionality of portability and communication, supporting to various networks, and detecting and notifying user context. Then, we describe design and implementation of our prototype to confirm its feasibility. This terminal has a shape and operability equal to mobile phone, openness by networking with a CF card slot and by using general purpose OS, and middleware for seamless roaming between heterogeneous networks and for notifying presence. We also describe our prototyped 'ubiquitous phone system' as an application utilizing its features. At last, we show measured time detecting and notifying network situation, as well as seamless roaming performance, for evaluation. This terminal and system has become a product.

**Keyword** Ubiquitous computing, Ubiquitous networking, Wireless IP phone, Multi-wireless terminal

### 1. はじめに

無線 LAN の普及と 3G 携帯電話の登場により、いつでもどこでもインターネットに接続できるユビキタスネットワーク環境が整ってきた。一方、コンピュータの小型化、低廉化により、様々な物にコンピュータが埋め込まれ、あらゆる場所でサービスが提供されるユビキタスコンピューティングが現実性を帯びてきた。

このようなユビキタス環境では、ユーザは必要最小限の端末を持ち歩くことにより、いつでも、どこでも状況に応じたサービスが受けられるようになると期待される[1][2]。我々の目的はこのようなユビキタス環境

に適した端末を開発することである。

本稿では、まず端末の要件を示し、次にそれを満たす端末の設計について述べる。そして実用性を検証するために試作した端末の実装について述べる。また、この端末の特徴を活かしたユビキタス電話システムへの応用について述べる。最後にシステムでの動作検証と端末の評価を行う。なお本端末は製品化されたが本稿では我々が開発したプロトタイプについて記述する。

### 2. ユビキタス環境における端末の要件

以下にユビキタス環境向けの端末が満たすべき要

件を示す；

- (1) 常時携帯するための機能性
  - (a) 携帯電話並の形状と操作性
  - (b) 通話機能
- (2) ユビキタスネットワークへの対応
  - (a) 複数ネットワークのサポート
  - (b) ネットワークを意識させない仕組
- (3) ユビキタスコンピューティングへの対応
  - (a) 多様なアプリケーションのサポート
  - (b) コンテキストの検出・通知手段

端末にはユーザが常に持ち歩くことができる可搬性が要求される。現状、人々が常に持ち歩く端末としては携帯電話がある。そこでユビキタス向けの端末が人々に受け入れられるためには携帯電話と同等の通話機能はもちろん、携帯電話並の形状と使い勝手を持つことが必要と考える。

ユビキタスネットワーク環境では様々なネットワークが存在する。従って複数のネットワークへの対応が必要となる。特に高速で容易にインターネットに接続できる無線 LAN の対応は必須である。またこれらのネットワークをユーザやアプリケーションがいちいち意識して使い分けるのは大変である。そこでネットワークを意識させない仕組みが必要である。

ユビキタスコンピューティングではユーザの状況や場所に応じて様々なサービスが提供される。そのためにはユーザの置かれたコンテキストを検出、通知する仕組みが必要となる。また種々のサービスに対応するため、端末上で様々なアプリケーションを動かせることが必要である。

次章でこれらの要件を満たす端末の設計について述べる。

### 3. 設計

2章で述べた要件(1)より、本端末は携帯電話形状とし、通話機能を持たせる。(2a)により無線 LAN を含む複数ネットワークに対応させる。無線 LAN は内蔵とし、それ以外のネットワークは Compact Flash(CF)カードスロットにより対応する。各種の CF 型通信カードを挿入することで多様なネットワークに対応し、必要に応じてキャリアも選択可能となる。

(2b)のために、状況に応じて自動的に最適なネットワークを選択、接続する機能を持たせる。また、通信中にネットワーク状態が悪化した場合にも、自動的に状態の良いネットワークに切り換え、かつアプリケーションの再起動等の不便を解消するためにセッション維持機能を持たせる。

(3a)に対しては汎用 OS により対応する。(3b)



図1 端末の外観

に対しては全てのコンテキスト検出手段を搭載するのは不可能なので、ネットワーク接続状態、種別の検出手段のみを持たせる。それ以外は CF カードで対応することにする。また、ユーザのコンテキストをプレゼンス情報として通知する手段を持たせる。

### 4. 実装

前章で述べた端末の実用性を検証するためにプロトタイプを開発した。

#### 4.1. ハードウェア

図1に試作端末の外観を示す。図のような携帯電話形状を採用した。大きさ、質量は従来の携帯電話とほぼ同等である。入力インタフェースはテンキーと方向キー、数個の機能キーのみとした。これにより、携帯電話と同様の片手での操作性を実現した。

上部に CF カードスロットを備え、各種通信カードや IO カード、メモリカードを装着できる。802.11b の無線 LAN を内蔵し、CF スロットに装着した通信カードと同時に2つのネットワークメディアによる通信が可能である。表1に試作した端末の基本仕様を示す。

表1 端末の主要諸元

CPU	Intel PXA272 416MHz, 64MB Flash 内蔵
OS	Windows CE.NET 4.2 core
メモリ	128MB SDRAM 64MB FLASH ROM
本体サイズ	48mm(W)×17.6mm(D)×134mm(H)
質量	約 120g (バッテリー含む)
ディスプレイ	カラーLCD 2.2inch, QVGA(320×240), 65K 色
無線 LAN	IEEE 802.11b
音声コーデック	G.711, G.729a
外部 I/F	CF Type 1 / II USB1.1 Client モード(USB Mini Connector) モノラルイヤホンマイク(2.5mm φ)

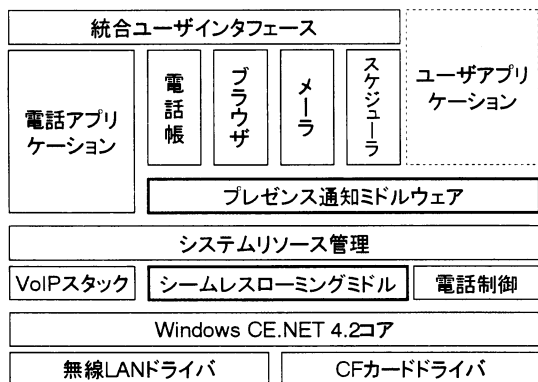


図2 端末ソフトウェア構成

CPUにはIntelのPXA272を採用し、416MHzで動作させ、各種のアプリケーションの動作に支障がないよう配慮した。表示装置は2.2インチ・VGAカラー液晶を採用し、従来のPDA向け業務ソリューションにも対応できるようにした。

#### 4.2. ソフトウェア

図2に試作端末のソフトウェア構成を示す。OSにはPDAとしては汎用的で既存のソリューションが活用しやすいWindows CE.NETを採用した。これによりユーザやソリューション提供者はサービスに応じたアプリケーションを自由に搭載することを可能とした。

端末ミドルウェアとしてシームレスローミングミドルウェアとプレゼンス通知ミドルウェアを搭載した。

##### (1) シームレスローミングミドルウェア

シームレスローミングのためにSeamlesslink[3]と呼ぶソフトウェアを搭載した。本ミドルウェアが提供する機能は以下の通りである；(a)ネットワークの自動選択・接続、(b)無線LANスポット等の自動認証、(c)ネッ

トワーク状態の通知、(d)通信中のネットワークメディアハンドオーバー時のセッション維持、(e)VPNによるセキュアな通信。(a)(b)(c)は端末ソフト単体で、(d)(e)はサーバとの連携により実現される。セッション維持機能にはMobile IP[4]を使用している。

##### (2) プレゼンス通知ミドルウェア

ユーザコンテキストを通知するためのプレゼンス通知ミドルウェアとしてFlairincと呼ぶソフトウェアを使用した。Flairincはクライアントとサーバから構成される。クライアントはプレゼンスの変化があるとプレゼンスサーバに通知する。クライアントとサーバ間の通信はSIP/SIMPLEプロトコルに準拠している。

### 5. ユビキタス電話システム

以上で述べた端末の特徴を活かす応用システムとしてユビキタス電話システムと呼ぶ構内IP電話システムを試作した。図3にユビキタス電話システムの機能構成を示す。ユビキタス電話システムはIP-PBXサーバ、セキュアゲートウェイ、VPNサーバ等からなる。IP-PBXサーバは位置情報管理、プレゼンスサーバ、コンテキスト管理、通信手段選択、呼転送の各機能から構成される。位置検出デバイスや端末のプレゼンス通知機能により通知されたユーザの位置情報や接続ネットワーク状態等のコンテキスト情報はコンテキスト管理機能に集約される。通信手段選択機能はそのコンテキスト情報から一定のルールに従い、ユーザコンテキストに対応する通信手段を選択する。そして呼が発生すると呼転送機能により、その通信手段に向けて呼が転送される。

例えば、ユーザが本無線IP携帯端末を持って社外の公衆無線LANスポット圏内に入ると、端末のシームレスローミングミドルウェアにより自動的に無線LAN

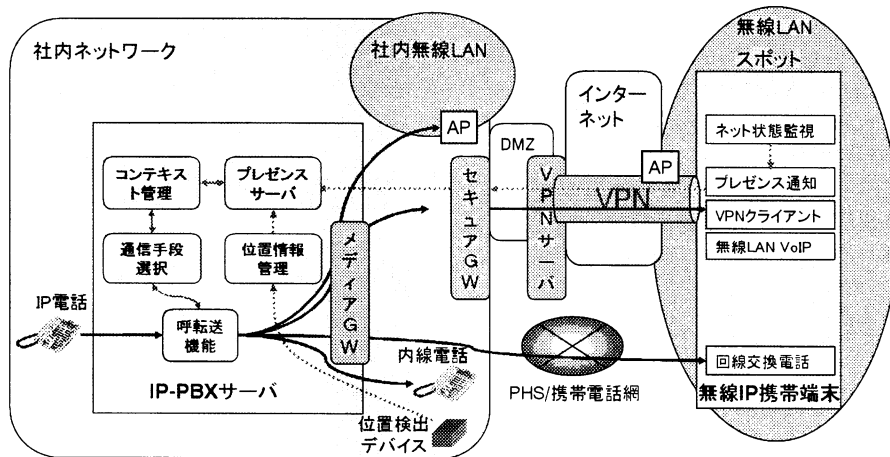


図3 ユビキタス電話システムの機能構成

に接続される。その状態は同ミドルのネットワーク状態監視機能によりプレゼンス通知機能経由でプレゼンスサーバに通知され、コンテキスト管理機能に集約される。コンテキスト管理機能はユーザが無線 LAN スポット内で通信可能な状態であることを把握し、通信手段選択機能は呼転送機能に無線 LAN VoIP に呼を転送するように設定する。この時、このユーザに電話の着信があった場合は、呼は無線 LAN VoIP を使用して本無線 IP 端末に着信する。同様に無線 LAN 圏外に出た場合には PHS 等の WAN を使用して無線 IP 端末に着信する。なお、社外の公衆無線 LAN スポットにいる場合にはミドルウェアが自動的に VPN で接続し、社内の無線 LAN の場合には VPN 無しで接続する。

以上により、本端末を使用すればユーザは自分が置かれた環境を意識しなくても無線 LAN や PHS 等、最適な通信手段により、内線感覚で電話の発着信が可能となる。またアプリケーションを搭載することで PC や携帯電話等の複数端末を持ち歩く必要がなくなる。サーバ側のスケジューラやアドレス帳のようなアプリケーションとも連携可能である。

## 6. 評価

本端末の評価として、まず、前章で述べたユビキタス電話システムでの動作を確認した。端末が無線 LAN の圏内に入ると、自動的に無線 LAN に接続し、更新されたネットワーク接続状態がサーバに通知されるのが観測された。この間の時間は約 1.5 秒であった。これは端末がアクティブ状態の場合である。端末が省電力のためのスタンバイ状態にある場合は約 2.5 秒であった。サーバ側で転送先が無線 LAN VoIP に設定されるまでの時間を含めると、アクティブ状態で約 3 秒、スタンバイ状態で約 4 秒であった。これらは十分実用的な値と言える。

次に異種網シームレスローミングの性能を測定した。Web サーバから約 1.4MByte の画像を取得中に PHS パケット網 (128kbps) と無線 LAN (802.11b) 間でローミングさせ、TCP パケットをキャプチャしてシーケンス番号の推移を記録した。

図 4 に PHS パケット網から無線 LAN にローミングした場合の測定結果を示す。横軸は時間 (秒)、縦軸はシーケンス番号である。図より当初 PHS パケット網で通信していたのが、ほぼ 15 秒時点で無線 LAN にセッション維持しながら切り換わっていることが読み取れる。

## 7. まとめ

ユビキタス環境向けに試作した無線 IP 携帯端末の設計と実装について述べた。本端末はユビキタスネッ

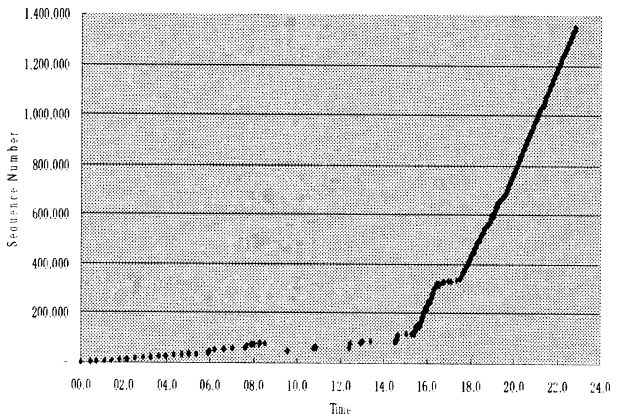


図 4 異種網シームレスローミング特性(PHS→wLAN)

トワーキングに対応する多様なネットワークへの対応と、ユビキタスコンピューティングに対応するユーザコンテキストの検出・通知手段を持つ。その特徴を活かしたユビキタス電話システムを試作し、ユーザコンテキストの一つであるネットワーク接続状態の検出・通知機能の動作確認とその応答時間の測定を行い、十分実用的であることを確認した。また異種網シームレスローミング性能を測定し、セッション維持であることを確認した。

本稿で述べた端末及び応用システムはそれぞれネットツーコム株式会社の WiPCom1000、富士通株式会社の USX パッケージとして製品化された。その機能及び仕様は本稿で述べた試作とは若干異なる。製品ではセッション維持は明に行っていない。

今後は位置情報を利用したユビキタスサービスに適用し、その実用性を検証したい。

## 謝辞

本研究開発の一部は富士通株式会社 GLOVIA 事業本部モバイル・ソリューション事業推進室の委託により行われた。関連各位に謝意を表します。

## 文 献

- [1] 田中希世子、鈴木偉元、他：“モバイルパーソナルエリアネットワークの提案,” 情報学ワークショップ(WiNF2004)論文集, ISSN 1348-7035, pp.241-245 (September 2004)
- [2] R. Masuoka and Y. Labrou: “Task Computing - Semantic-web enabled, user-driven, interactive environments,” WWW Based Communities For Knowledge Presentation, Sharing, Mining and Protection (The PSMP workshop) within CIC (June 2003)
- [3] 阪田史郎監修：“ワイヤレス・ユビキタス,” 秀和システム, pp.273-275 (2004 年)
- [4] C. Perkins: “IP Mobility Support for IPv4,” RFC3344, IETF (August 2002)