解 説

モバイルコンピューティングの現状と将来

大澤智喜*

〔著者抄録〕 コンピュータ技術の目覚ましい発展は、現在の社会に大きな影響を与え、そしてこれからも我々の生活に深く関わる、なくてはならないものになるだろう。社会での生活は、今後益々グローバルになり、そして人々の行動範囲も情報の広がりとともにグローバルになることも予想される。まだ生まれて間もない“モバイルコンピューティング”という言葉は、ようやく一人歩きを始めたばかりで、ほんの一握りのそれもビジネスユーザが使いこなしているに過ぎない。しかし、今後、我々の生活に必要な不可欠な、密着したものになるだろう。本論では、モバイルコンピューティングの今までの経緯とともに、その仕組みや将来の展望について述べる。

〔著者付与キーワード〕 無線 LAN, モバイルコンピューティング, IEEE802.11, PDC, PHS, インターネット, IP Mobility Support

Commentary article

Mobile computing—Its current status and future

OHSAWA Tomoki

〔Author Abstract〕 Rapid progression of computer technology is making a big impact to our social environment and our life. It will touch into our life deeply and we cannot do it without computer technology. Our life will be more global and be more active in accordance with information expansion. Though a term "mobile computing" which is a brand new word is going to stand, a very few user is just using the computer on the move. However, from now on, I believe that it will be a very essential partner of our life. In this paper, we will describe the short history how mobile computing was born and discuss its technology background and future work.

〔Keywords by Author〕 wireless LAN, mobile computing, IEEE802.11, PDC, PHS, Internet, IP Mobility Support

* NEC Corporation C&C メディア研究所 (〒216-0033 川崎市宮前区宮崎4-1-1)
Tel. 044(856)2242 Email: ohsawa@ccm.cl.nec.co.jp
C&C Media Research Laboratory, NEC Corporation
(1-1, Miyazaki 4-chome, Miyamae-ku, Kawasaki-shi, 216-0033)

1. はじめに

近年、モバイルコンピューティングという言葉が頻繁に耳にするようになってきている。このところのセルラー、PHS といった移動通信技術のデジタル化とその普及に加えて、端末の小型化が一層進んだことにより、前者のモバイルと後者のコンピューティングが融合されたような言葉として新しいマーケットが創造されようとしている。しかし、今までのところ、多くの場合はむしろコンピュータを気軽に持ち運んで、コンピューティングでするところの利便性に重きが置かれてきたように思える。この数か月の間にモバイルインフラである PDC や PHS もそれぞれデータ通信専用 9,600bps サービス、パケットアクセスサービス、32Kbps サービス (PIAFS) などの整備が急速に行われ、また、それに伴うアプリケーションもメールサービスを中心に展開されつつある。前者を以前からのモバイルコンピューティングとすれば、これらモバイルインフラを用いて行われるものは前者と差別化してネットワークモバイルコンピューティングとでも呼んで良いのではないだろうか。ネットワークモバイルコンピューティングは無線伝送技術、インターネット技術、コンピュータ技術という全く異なる三つの分野の技術をバランス良く統合することが重要であり、世界的な規模でシステム研究が推進されている¹⁻⁸⁾。

以後、本論文では、このネットワークモバイルコンピューティングについて、その進化、そして現在の状況と今後の動向を整理していきたい。

2. モバイルコンピューティングの生い立ち

パーソナルコンピュータが現在のような形になってまだ20年程度のものであるが、以来、その性能は目覚ましく富にここ数年のハード、ソフトの能力向上には目覚ましいものがある。そして、ノート PC が出現してからは、その携帯性に大きな注目が注がれ、次第にコンピュータを持ち歩くという概念が生まれてきた。このころからモバイ

ルコンピューティングという言葉は生を受け、主に米国を中心とする大学間系での研究が盛んになってきた。また、どこまで小型化できるかなども話題になってきている。これらと市場領域で接している小型情報端末 PDA も PC ほどの汎用性はないが、携帯性に重視したものとしてはモバイルコンピューティングとして位置づけられよう。このような時期に使用されていたモバイルコンピューティングとしての意味合いは、端末が小さくなったことで、どこへでも持ち運んで計算機パワーを活用しようというような、いわば物流的な意味でのモバイルコンピューティングであった。

一方これから数年遅れること、今から十年強まえに、LAN というプライベートなネットワークが急速に発展してきた。中でも大きな牽引役となったのがインターネットである。インターネットにより、人々はその専門にしか複雑で構築ができなかったネットワークというものを少しの知識で運用できるレベルまで落としたことにより、世界的に飛躍的に伸びている。いまや、コンピュータはこの LAN やインターネットに接続していなければ役に立たないと言っても過言でないほどになってきている。

このような時代になってくるとモバイルコンピューティングもネットワークにアクセスしないと必要な情報が得られず、単に計算機力のみでは十分に活用できない状況になってきたのである。こうなると、どこからでも接続できる移動通信網を利用したネットワーク接続が要求されるようになってくる。これが現在、注目されている移動通信網のデータサービスを利用したモバイルコンピューティングである。このネットワークへの接続を前提としてモバイルコンピューティングのことをここではネットワークモバイルコンピューティングと呼ぶことにする。前述を第一世代のモバイルコンピューティングと位置づければ、ネットワークモバイルコンピューティングは第二世代のモバイルコンピューティングとでも位置づけられよう。

以降の章では、この第二世代のモバイルコン

ピューティングの仕組みについて述べていくが、また第三世代のモバイルコンピューティングについても展望していきたい。

3. 公衆網を使用したモバイルアクセス

モバイルコンピューティングにおいてインターネットに接続するためには、無線インフラが欠かせない。無線インフラとしては、公衆網系の移動通信網を利用した場合、電話網と同じようにPPPによりTCP/IPを運ぶことができる。OSIの7階層モデルにこれらのネットワークを写像すると図1のようになると考える。インターネットのIPをネットワーク層(NW)として考えると、PPPで接続する移動通信網は、全国規模の広域ネットワークではあるもののデータリンクレベルのネットワークと見ることができる。一方で無線LANは直接IPを上位層とするので、構造がシンプルという利点があるが、広域性に欠けている。

移動通信網を用いた場合は、ネットワークという言葉が移動通信網のネットワークとインターネットのネットワークと2か所で使用され、モビリティ機能は移動通信網のネットワークで実現されている。PPPレベル以上では端末の移動は隠蔽されてしまう。この章では現在最も用いられている移動通信系のインフラによるモバイルコンピューティングのネットワーク接続についてその構造を解説する。

図1 プロコラーキテクチャ

3.1 PDCによるインターネット接続

図2に日本のデジタルセルラー(PDC)におけるネットワーク構造を示す。PDCではPHSに比べて端末の高速移動を享受するために、そのネットワークにおける制御階層は複雑である。有線電話網と同じような有線公衆網を経てプロバイダに接続する場合と、MSCと言われる交換局までの間を回線交換ベースで接続し、そこからは直接インターネットプロバイダに接続しているケースとがある。いずれも、移動通信網のモビリティ機能により全国的な接続性と高速な移動に対応している。

図2 PDCのネットワーク構造

3.2 PHSによるインターネット接続

PHSの有線部分ネットワークはISDNを積極的に取り込んでおり、ISDNを利用した高速のデータ回線を提供することがPDCとの大きな差別化要素になっている。それに伴い、無線伝送速度も32KbpsとPDCと比較して1桁高速の回線を提供している。特に基地局は直接、ISDNにより市内交換機に接続されており(図3参照)、ISDNによる制御の効率化の影響は高速移動に対応しないものの高速性の面からは使い勝手が非常に良い。いまだキーボード社会であるモバイルコンピューティングでは、高速移動よりも落ち着いて一時的にとまてのアクセスが大半であることを考慮すると、将来への可能性は大きい。

図3 PHSのネットワーク構成

図4 無線LANネットワーク

4. イン트라ネットでは

4.1 無線LANによるイントラモバイルコンピューティング

無線LANはEthernetを無線化したものであるから、最もイントラネットの構造に近いネットワークモバイルコンピューティングを提供するインフラである。現在2Mbps程度の装置がIEEE 802.11⁹⁾という標準のもとで実現されているが、今後10-20Mbps程度の標準化が行われ、高速の装置が実現されるであろう。無線LANを用いたネットワークは図4に示すようにアクセスポイント（AP）を介して有線側の端末と通信を行う。また、無線LANのもう一つのネットワーク形態はアドホックと呼ばれるネットワークであり、インフラの無いところでも端末同士でどこでも一時的にネットワークを構築することが可能である。アドホックネットワークでは、無線LANが元来持つ特徴である同報性を用いることによりグループウェアなどの用途に適しており、その応用性も期待できる。

4.2 ネットワークモビリティとの融合

無線LANは有線を無線に置換したものであり、同時に自由にどこまでも動き回れるというものではない。LANは基本的には同報媒体であるのでサブネット内での移動は可能であるが、ルーター以降への移動に関してはTCP/IPではIPレ

ベルでの移動制御技術が必要になる。これを実現する技術としてIETF（Internet Engineering Task Force）においてIP Mobility Supportという移動制御技術が開発されている¹⁰⁻¹⁸⁾。無線LANをイントラネットで有効に使用するためにはIP Mobility Supportとの融合が効果的である。

IP Mobility Supportの仕組みは、バインディングと呼ばれる移動管理機能とパケットの転送機能とに集約される。図5に示すように、各サブネットワーク（一般的にはルーティングドメイン）にはエージェントと呼ばれる上記機能を実践する装置が配置される。

図5 IP Mobility Supportのネットワーク構成

一般の端末から IP Mobility Support を備えた端末 (MH) にパケットが送られる場合は、HA がそのパケットをピックアップしカプセル化して MH が移動しているネットワークのエージェント (FA) に向けて転送する。FA はパケットを受けるとカプセルを解いて MH へ送信する。

各エージェントは、パケットを正しく転送するために、MH のロケーションを管理する必要がある。これが移動管理機能でバインディング (Binding) と呼んでいる。バインディングは通常、移動したサブネットワークのエージェント (FA) と自分のデフォルトであるサブネットワークのエージェント (HA) に対して、自分が移ったことと、HA に対しては転送先の FA の IP アドレスを通知する。

IP Mobility Support は次世代 IP として期待されている IPv6 では標準して実装される予定である。今、大きな問題になっているところはファイアウォールと転送経路の冗長性である。転送経路の冗長性は図 6 に示すように固定端末から送られるパケットが少なくとも二つのエージェントを介して転送されるため、相手移動端末の移動位置によっては同じルートを通る可能性があり、転送経路が冗長になる (図 7)。

図 6 バインディングの手順

図 7 転送経路の冗長性

5. 将来の展望

近年の携帯電話などの目覚ましい普及により、無線ネットワークは非常に注目が高いネットワークである。パソコンなどの携帯端末の小型化、インターネットアクセスの容易性などから、モバイルコンピューティングが脚光を浴びるようになってきた。一方で、無線伝送は有線伝送に比べて物理現象を用いた信号伝送であるために、環境の影響を大きく受けてしまい信号の劣化が大きくなってしまった。したがって、上述したような、現在および近未来的な無線伝送方式は、いずれも有線ネットワークが日々高速化されていくのに対して、高速化への技術的障壁はとても高いといえるだろう。

近未来を含めて現在の無線伝送では数 Mbps のインフラが実現されているが、将来のこれらに取って代わる次世代つまり第三世代システムの通信速度は 1 桁高い伝送速度を実現することが検討されている。ここでは伝送方式の最後として、次世代に使われるであろう伝送方式の基本を解説していく。

これらの高速化は、アクセス系という観点から 20Mbps 以上の通信速度を持つ無線ネットワークの研究として位置づけられ、世界的に活発に研究

開発が行われている。特に、無線 LAN の標準化を行っている IEEE802.11では、現在5GHz 帯を用いた約20Mbps の無線 LAN 物理層の標準化を行っており、2000年頃までには標準化される予定である。これは欧米において5GHz 帯が高速の無線マルチメディアネットワークに開放されたことにより標準化が始まったもので、屋内外のサービスを一つの基地局で約100～500m程度の距離をカバーできるような伝送方式が検討されている。変調方式は、マルチパスフェーディングに強い等化技術を用いたものや、OFDM などが提案されている。表1に各団体で目標とされている伝送速度をまとめた。

表1 海外の第三世代高速インフラの動向

標準化団体	周波数	速度	地域
IEEE802.11	2.4GHz	10Mbps	米国
	5 GHz	20Mbps	米国
HiperLAN	5GHz	約 23Mbps	欧州
BRAN	5GHz	> 25Mbps	欧州

6. お わ り に

本論では、モバイルコンピュータの生い立ちにさかのぼり、その経緯とともに現状のネットワークの仕組みについて述べた。さらに、その将来システムとして現在検討されている第三世代のシステムについての動向も示した。

モバイルコンピューティングはインフラとしては、着々と高速化への技術開発は進んでいるものの、まだ現在では利用している人口はかなり少ない。しかしながら、電話と対比したインターネットの利用法はいまだかつてとどまるところを知らず広がり続けているのが現状である。モバイルコンピューティングが、このどこまでいくのかまだ終点の見えないインターネットの成長をそのまま受け継ぐことは確かで、いや、それ以上に新しい可能性を提供してくれるものであろう。今後、メール、WWW といったもの以外にも、多くの用途で急速に発展していくであろう。

参 考 文 献

- 1) G. Q. Maguire, et al. Walkstation II project. Proceedings of 2nd International Workshop on Mobile Multi-Media Communications Workshop (Apr. 1995)
- 2) Thomas Martin and Daniel P. Siewiorek. Wearable Computers. IEEE Potentials. pp. 36-83 (Aug. 1994)
- 3) R. Brodersen, et al. Research Challenges in Wireless Multimedia. IEEE PIMRC '94. Vol. I, pp.1-5 (Sep. 1994)
- 4) F. Reichert. The Walkstation Project-A Flexible Platform for Experiments in Mobile Multimedia Environments. Proceedings of 13th World Computer Congress 94. Vol. 1, pp. 101-105, Hamburg, (Aug. 1994)
- 5) T. Starner. The Cyborgs are Coming or The Real Personal Computers. TR #318, MIT Media Lab., Vision & Modeling Group (submitted to Wired)
- 6) T. Ohsawa, et al. Seamless Networked Mobile Computing realized by Wireless Internet Access. ICC 96 (1996)
- 7) T. Ohsawa, et al. Seamless Networked Mobile Computing realized by Wireless Internet Access. NEC 技報 (1996)
- 8) T. Ohsawa. Mobile Computing and Communication. Proceedings of 13th World Computer Congress 94. Vol. 3, pp.130-135, Hamburg (Aug. 1994)
- 9) Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. P802.11/D1, Draft Standard IEEE802.11 (Dec. 1994)
- 10) C. Perkins. IP Mobility Support. Internet Draft, work in progress
- 11) John Inonidis, Dan Duchamp and Gerald Q.

- Maguire Jr. IP-Based protocols for mobile internetworking. Proc. of SIGCOMM 91 (1991)
- 12) K. Okanou, T. Ohsawa. IP Mobility Support with IP-squared (IP2) Encapsulation Technique. IEICE, Trans. on Commun., Vol. E80-B, No8 (Aug. 1997)
- 13) F. Teraoka, et.al. A Network Architecture Providing Host Migration Transparency in Wide Area Networks. In Proceedings of AMC SIGCOMM 91 (Sep. 1991)
- 14) K. Okanou, et al. IP Mobility with Double IP (IP2) Header. Technical Report of IEICE, IN 95-64, pp.139-144 (Sep. 1995)
- 15) 岡の上, 大澤. ダブル IP (IP2) ヘッダ化による移動端末対応 IP 方式の提案. 信学会, 情報ネットワーク研究会, IN-95-64 (1995)
- 16) 岡の上, 大澤, F. Reichert. 高性能移動ホストによる Agent 非依存型 Mobile-IP. 信学会 1995 ソサイエティ大会, B-469 (1995)
- 17) 岡の上, 後藤, 小松, 大澤. 新 Mobile-IP 方式アーキテクチャと導入シナリオ. 情報学会平成 7 年前期全国大会, 1U-7 (1995)
- 18) 岡の上, 後藤, 小松, 大澤. 新 Mobile-IP 方式—登録, 転送, 追跡機能—. 情報学会平成 7 年前期全国大会, 1U-8 (1995)
- 19) Main Document of FPLMTS. ITUR. (Nov. 1993)
- 20) High Performance Radio Local Area Network Functional Specification. European Telecommunications Standards Institute, DE/RES/10-01 (Jan. 1995)
- 21) D. Raychaudury, et al. ATM Based Transport Architecture for Multiservices Wireless Personal Communications Network. IEEE J. Selected Areas in Commun., pp. 1401-1414 (Oct. 1994)
- 22) 岡の上, 大澤. Radio8100 用移動端末対応 IP の開発と実験評価. 信学会, 情報ネットワーク研究会, IN-97-24 (1997)
- 23) 岡の上, 大澤, 岡ノ上. Radio8100 用移動端末対応 IP の開発と評価. 信学会ソサイエティ大会, B-811 (1996)
- 24) 石井, 大澤. 無線 LAN システム用 Shared-PDCA の提案. 信学会ソサイエティ大会, B-652 (1996)
- 25) 石井, 大澤. 無線 LAN システムにおける動的チャネル割り当てに関する検討. 1997 年信学技報, RCS97-85 (1997)