

## クラスタ型モバイル通信の提案

青野正宏\* 渡辺尚\*\* 水野忠則\*\*

\*三菱電機 \*\*静岡大学

時間を有効に活用し、事務所の延長としてモバイル機器を用いて、コンピューティングと通信を行うのにもっとも適した環境として考えられる場所の一つに、列車や航空機などの移動体の中がある。一般にモバイル通信は固定網接続の場合と異なり、いろいろな面で制約がある。特に高速移動体のなかで個人所有の通信機器では通信が困難な場合もある。そのため、ここでは、移動体内にモバイル通信をサポートするサーバや LAN のような環境を構築し、地上の固定網と移動体内モバイル端末群を統合するようなシステムを提案する。これをクラスタ型モバイル通信と仮称する。これにより、モバイル通信に伴う条件が緩和され、使い勝手が良くなることが期待できる。しかし、実現にはいくつかの課題がある。これについても考察する。

## Cluster-type mobile communication

Masahiro Aono\*, Takashi Watanabe \*\*, Tadanori Mizuno\*\*

\*Mitsubishi Electric Corp. \*\*Shizuoka University

The position in the conveyance such as the train or the aircraft is one of the most suitable environment for effective communicating and computing with the mobile equipment as extension of the office. Generally, there are the various problems in the mobile communication that is different from the fixed communication network. Especially, in the high-speed conveyance, the communication is sometimes difficult at the user's communication equipment. Therefore, we propose the mobile system which consists of mobile terminals, a server and a wired or wireless LAN in the conveyance, and supports to communicate between mobile terminals in the conveyance and the fixed network in the ground. We call it *cluster-type mobile communication system*. It is possible to anticipate that the problems of mobile communication are solved to some extent. However, there are some issues for the cluster-type mobile communication. So we also discuss them.

# 1 はじめに

携帯電話や PHS などの通信機器の普及と通信コストの低減、情報処理端末の小型化・軽量化は、必然的にどこでもいつでもコンピューティングと通信を可能とする、モバイルコンピューティングの発達を促すこととなる [1]。

ところで、遠い将来はともかく、当面考えられるモバイルコンピューティングの形態としては、事務所に各自の「静的」コンピュータを置いて、通常はこれを用いてコンピューティングと通信を行い、それとは別に第 2 の携帯が可能なモバイルコンピュータを持ち、出先でそれを使うというのが、一般的ではないかと考えられる。モバイルコンピューティングの目的として大きく 2 つに分けられる。

第 1 に、本来の意味でのモバイルコンピューティングとして、出先で情報の収集・参照等、特定の目的のため使用する場合である。例としてセールスマンが客先と打合せ時に情報を参照とか、カスタマエンジニアが現場で保守するときに必要となった図面の読み出し等が挙げられる。

第 2 に、本来の事務所外で、事務所の延長として事務所と同様な作業に使う場合が考えられる。後者の場合、どのような環境で使用されるであろうか。ひとつには自宅や出張先のホテルなど、ある程度落ち着いた環境で、モバイル端末を用いて作業する場合が考えられる。この場合、通信は電話を用いて固定網にアクセスすることが比較的容易である。もう一つの例として移動中が考えられるが、携帯電話など音声系のみの端末と異なり、移動しながら画面を見たり入力したりするのは一般に困難である。

しかし、例外として、列車、航空機、船舶などの移動体で座席に座っている場合は、モバイルコンピューティング作業は行い易い。列車の場合、長時間乗車して座席確保が容易な新幹線指定席や通勤に座席が確保できる XX ライナーのような環境では、事務所の延長として比較的落ち着いたモバイルコンピュータを操作し易いと言える。本稿では、このようなモバイルコンピューティングの第 2 の目的を実現するための手段として、移動体中のコンピューティングサポートの手段の提案と課題を取り上げる。

ところで、固定通信網で通信する場合にはほとんど問題とならないが、モバイル通信となると考慮しなければならなくなるいろいろな課題があることが指摘されている [2,3,4]。例えば、通信回線が固定網に比べて帯域が狭く不安定であること、バッテリーの制約、ユーザ認証等々である。

さらに、高速移動中の場合に、個別に簡易な通信機器を介して通信を行うこととなると、通信品質が不安定であることが懸念される。さらに言えば、航空機の機内では携帯電話の使用は禁止されている。

このような移動体の中でのモバイルコンピューティングと通信を可能とするため、またはできるだけ改善するために、移動体のなかに、モバイル端末と接続する無線または有線 LAN と、モバイル端末を統合し外部とのインターフェースを為す MCS (Mobile Communication Server) と、地上で MCS と対応してメッセージの集配信を行う SCS (Stationary Communication Server) からなる移動体内モバイル支援システムの構築を提案する。個々の端末の通信をまとめることにより、効果を挙げることを狙いとするものである。(以下、本稿ではこの構成による通信をクラスタ型モバイル通信と称する。) ちょうど、固定網において高速の通信が可能な LAN と LAN との間を比較的低速で結ぶ WAN との関係に類似している。しかし、クラスタ型モバイル通信では LAN そのものの位置がノマディックであることと LAN に接続される端末が不定であるということが相違する点である。なお、ある程度モバイル通信が成熟して、固定網と移動体との通信回線の利用率が高くなっている場合を想定する。

以下にシステムの概念構成を述べ、従来の個々の端末が直接固定通信網にアクセスする(以下、本稿ではスタンドアロン型モバイル通信と称する。) 場合と比較した利点・問題点等を検討する。

## 2 提案概念構成

### 2.1 モービル支援システムの構成

本提案の基本概念は、小さな「固定」ネットワーク自体にモビリティを持たせるというものである。移動体内の LAN に端末を接続する。各ユーザは接続された端末を用いてコンピューティングと通信を行う。各ユーザの携帯端末は、外部と通信する場合、移動体内の LAN を経由して、MCS と接続する。MCS は、各端末の「代理人」として、最寄りの地上の固定通信ネットワークの SCS を経由して目的とする地上局と接続する。いずれにしても、個々の端末が直接地上の固定ネットワークにアクセスするよりも高速・安定して通信を行うことができることが期待できる。図1に概念構成を示す。

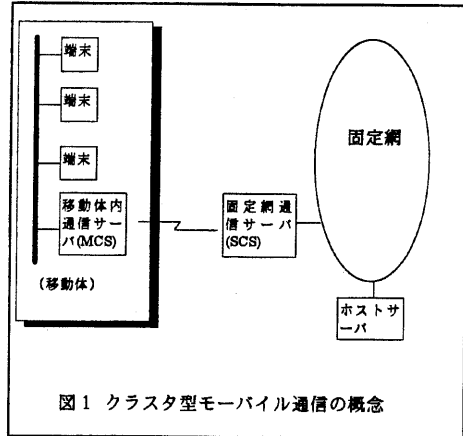


図1 クラスタ型モービル通信の概念

い問題がある。特に、航空機内のように電波を勝手に出されては困るところでは使えない。端末のモビリティを意識したものである。

#### b. 備えつけ方式

移動体内に備え付けの端末を利用させる方法である。移動体独自のサービスを盛り込むことやシステムの統制が比較的容易である。反面、移動体運営業者にとっての投資がかかる上に、最大公約数的なサービスしかできない。不特定多数のユーザが使用するという意味で、端末としては、固定ディスクを持つ端末よりもネットワークコンピュータのようなものが望ましい。パーソナルモビリティを意識したものである。

### 2.2 ソフトウェア構成

図2にソフトウェア構成を示す。MCS と SCS の通信制御サポート処理で、モービル特有の通信に関する処理を吸収する。

### 2.3 端末の接続方式

端末については2つの考え方がある。

#### a. 個人端末接続方式

ユーザが持ち込む端末を、移動体内 LAN に接続する方法である。ユーザが比較的自由にコンピューティングを行えるという利点がある。反面、統制が取り難

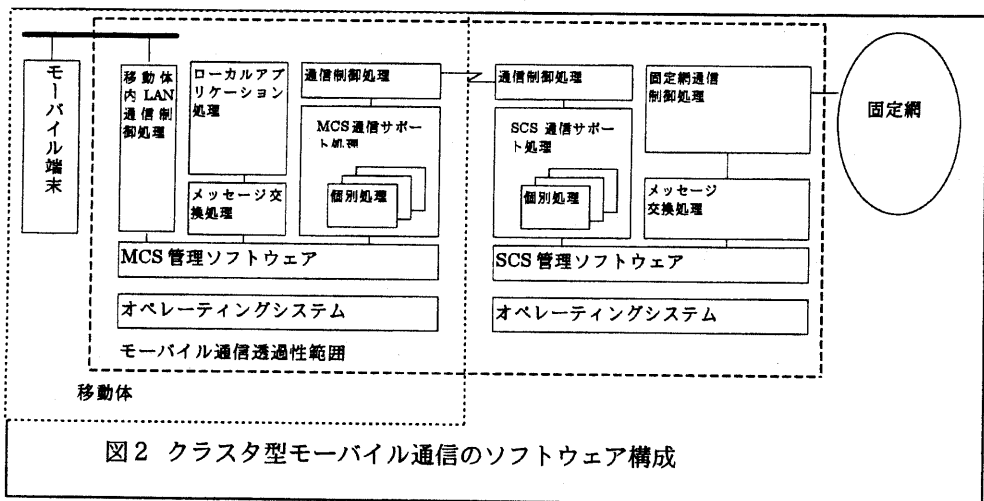


図2 クラスタ型モービル通信のソフトウェア構成

### 3 狙いとする効果

#### 3.1 通信性能/品質の改善

無線通信の手段と性能は常に向上が図られつつあるので、現時点での可能な手段での伝送能力や通信品質から試算しても、すぐに陳腐化する可能性がある。しかし、一般的には次のことが言える。スタンドアロン型で通信する場合、個々の携帯端末の通信能力によって外部と通信を行うため、小型・軽量・個人使用という制約もあって通信能力や品質は限られる。しかし、列車や航空機などの移動体での通信機器に許される大きさ・重量・コストは個人使用の場合よりも条件がゆるやかであるので、通信性能や品質は相対的に良くなることが期待できる。

また、通信回線を束ねることにより個々に回線を保持するより通信待ち時間の効率が上がる。例えば、単純化して通信要求発生をポアソン分布（単位時間あたり平均発生数： $\lambda$ ）、通信時間を指数分布（単位時間平均処理数： $\mu_1$ ＜スタンドアロン型＞、 $\mu_2$ ＜クラスタ型＞）とすると、通信時間を含めた待ち時間は、スタンドアロン型で $1/\mu_1$ 、クラスタ型で $1/(\mu_2 - \lambda)$ となるので、 $\mu_2 > \mu_1 + \lambda$ であれば待ち時間は少ない。あきらかにスタンドアロン型の通信能力の和よりもクラスタ型の能力が少なくとも効率が良い。

ただし、実際には無線回線品質による断続的接続の状況、イメージデータとテキストデータの極端な差異などがあり、単純なモデルでは論じられない点があり、検討の課題として残る。また、先着順で処理しても良いとは言えない。優先順位の問題については、4.2節に述べる。

#### 3.2 共通情報のキャッシュ

移動体内でのコンピューティングと通信については、いろいろな用途が考えられる。ひとつには、事務所の延長と考えると仕事をする場合である。この場合、各ユーザはそれぞれの本来のホストコンピュータやサーバにアクセスすることが多いと考えられる。この場合、同じデータを複数のユーザで共有する可能性は低い。しかし、移動体内のモバイル環境が普通になれば、その他の応用も出てくる。例えば、航空機や列車の目的地からの最新の乗り継ぎ情報を知りたい、あ

るいは座席の予約をしたい、または到着地の天候や観光情報などをブラウザ機能を使用して知りたいということが出てくるであろう。これらの情報はそれぞれ地上のネットワーク上のサーバに最新情報が登録しており、航空機や列車のユーザから参照されるとMCSを経由してユーザ端末に取り込む。このような情報は複数ユーザから同じデータを参照されることが多いので、MCSにキャッシングしておく効果的である。あるいはオフラインで移動開始前に最新情報を読みこんでMCSに格納しておき、ユーザから参照要求があったとき、地上のSCSに変更有無のみを問い合わせ、変更なければMCSの情報をそのまま返すということにすれば、応答速度が速い。

#### 3.3 放送型情報の受信

モバイル端末を用いて、今後実用化が予測されデータ放送でニュースなどを受信しようとする、目的とする情報が受信できるまで、端末を「聴取」状態におかなければならない[2]。情報収集までに時間がかかるし、バッテリー問題に対しても悪影響を与える。クラスタ型モバイル通信の場合、MCSで放送を受信し、MCSの記憶装置に格納する。移動体のモバイル端末からMCSにアクセスすれば必要な最新情報を即座に入手することができる。また、MCSローカルにマルチメディア情報を蓄積しておけば、現在航空機でサービスしているような、映画、音楽などについても、オンデマンドで流すことができるというような利用方法も考えられる。

#### 3.4 バッテリー問題

モバイル端末でコンピューティングを行う場合、バッテリーで連続して作動できる時間が極めて限られているので、バッテリーをいかに節約するかが課題となる。また、バッテリー切れによりコンピューティング作業結果が無駄とならないような対策が必要である[2]。

移動体内の場合、備え付け方式の場合、及び個人端末接続方式の場合でも移動体内の座席にコンセントがあれば、バッテリー問題は発生しない。ただし、コンセントの場合、使用電力総容量の問題とユーザに自由に使わせることによる安全性が確保できるかの問題がある。ユーザの持つ携帯端末と移動体内LANとを

無線（電波または赤外線）で接続するだけであれば、バッテリー問題は残るが、移動体内 LAN と携帯端末との間はスタンドアロンモバイル通信に比べて、相対的に安定した品質で高速で転送できるため、転送中に電力不足により伝送が不成功になる確率は低くて済む。

### 3.5 ソフトウェアの実装

モバイル通信では、無線回線の不安定をカバーするため、自動接続/切断/再開、イメージのデグレージョン機能、その他のさまざまなエージェント機能の提案がなされている。このエージェント機能を実現しようとする、スタンドアロン型の場合、地上のモバイル支援サーバとともに、端末にもモバイルエージェントソフトウェアが必要となる。

クラスタ型の場合、固定ネットワークに接続する場合と同じソフトウェアのみを装備すれば良い。通信相手の目的とするホストコンピュータの場合も、通常の固定ネットワークの通信ソフトウェアがあれば良く、通信相手がモバイルであることを意識する必要はない。つまり、通信局同士では、モバイルネットワークに対して透過的とすることができる。

## 4 実現への検討事項

### 4.1 ハードウェア

移動体と地上とのデータ通信に関する通信手段の整備が必要である。航空機の場合、現在業務用として衛星、VHF、レーダを使う方式がそれぞれ検討されている。業務用のデータリンクが定着すれば一般用への拡大も期待できる。新幹線のような高速列車の場合も衛星などの利用が考えられる。

移動体内の LAN とモバイル端末を接続するには、備え付け方式の場合は、有線 LAN での接続が、個人端末接続方式の場合は、有線 LAN に電源コンセントのように気軽に挿抜できる情報コンセントのようなものか、無線 LAN で、安定した形で携帯が苦にならない程度の赤外線通信ができるような通信機器が望ましい。

### 4.2 通信の優先順位

スタンドアロン型の場合でも、例えばメール呼び出しの先頭にイメージファイルがあったりすると貧弱な通信資源を浪費し、次の短い重要なメッセージが呼び出せないというような問題が起こりうる。クラスタ型の場合、複数ユーザで（スタンドアロン型に比べれば強力であるが）有線に比べて相対的に貧弱な無線回線を共有するので、通信の優先制御は必須となる。

この場合、情報の内容により優先度を定める場合と転送する情報の量によって優先度を定める場合がある。

情報の内容による優先度の例として、航空機の場合顕著である。現在、航空機と地上との通信は音声中心からデータ通信を順次導入しようという段階である。航空機と地上との回線は例えば衛星利用で 1 回線と仮定する。（VHF やレーダによるデータ通信も検討されているがどう使い分けるか併用するかは、まだ完全に固まっていない。）航空機は計器飛行方式の場合、地上とパイロットとの通信により針路や高度を決めているので、航空管制通信が最も優先されるべきである。その他、レーダの代わりに GPS で測定したデータを地上に送信する自動従属監視情報、気象情報、パイロットと航空会社との業務連絡などが続き、乗客に対する通信サービスは上記に余裕があるときに限られる。

情報の内容による優先順位設定を第一として、次に、情報量によって優先順位を決める方式については、どのユーザのどのデータから転送すべきかという問題がでてくる。問題はスタンドアロン型の 1 次元的転送データ選択からクラスタ型の 2 次元的転送データ選択に広がる。複数ユーザからデータ転送の要求があったとき先着順とすると、それがたまたまイメージのような大きなファイルの場合、他のユーザが小さいファイル転送を要求していても待たされることになる。転送量は、アプリケーションにまで踏み込まないと予測できない。MCS/SCS が、不特定多数のユーザのモバイル通信をサポートするという目的であれば、アプリケーションまで踏み込むことはできない。また、業務通信と回線を共用する場合、低優先の大きなファイル転送により、業務通信が妨げられないようにする必要がある。特に、航空機の衝突回避警告などのエマージェンシー・メッセージは現在の伝送を途中で

破棄してでも優先して送信する必要がある。また、動画・音声などは、MCS である程度バッファが可能ではあるが、できる限り途切れないう送信したい。その他、指定した優先度、転送量の大きさなどを考慮して、どのように優先順位を定めれば、目的に違い、効率的で、公平であるか検討するのが課題である。

#### 4.3 回線接続管理

モバイル通信の場合、回線が不安定のため、通信の途中で接続が切れても作業ロスを最小限に食い止めるための対策が必要である。通信コストを節約するため、通信がないときは一時接続を切るというような木目細かい対策が必要である。クラスタ型モバイル通信の場合、この管理は MCS-SCS 間で行う。MCS、SCS 各々で中継データの待ち行列を作って管理する。このとき、問題となるのは、移動体内の端末が一時的なものであるため、中継が不成功となったとき、どの時点で通信データを破棄するか。また、無線通信である MCS、SCS 相互間の通信で、互いに送信するデータがなくなったとき、直ちに接続を切るか一定時間待って切るかがトレードオフとなる。直ちに切れれば無線通信のロスはないが、再び接続するときに時間がかかる。接続を保持していれば、不要な通信コストがかかる。

#### 4.4 課金処理

クラスタ型モバイル通信が実現するためには、その環境を事業者（鉄道会社、航空会社）がサービス競争の一環として提供することも考えられるが、利用料金を徴収し、利用者が料金に見合うだけのサービスを受けられ、ビジネスとして成立することができれば、普及することが期待できる。

地上系固定網や無線に直接アクセスするのは、航空機、列車などの移動体内通信網の管理者となる。一方、最終的に利用するユーザは、不特定である。したがって移動体内のコンピューティング及び通信を有償とする場合は、例えばインテリジェントシートのような名前をつけ、定額の特別料金を設定する方法と、プリペイドカードのような形で使用に見合って料金を徴収するような形が考えられる。前者の場合、過大な通信資源の使用対策をどうするかまたは通信事情で顧

客が満足できる通信サービスができなかったらどうするかは課題があり、後者の場合は課金のしくみが複雑になる対応をどうするかは課題がある。

#### 4.5 セキュリティ/認証

この件に関しては、クラスタ型の場合でも、スタンドアロン型に比べて有利となる点はほとんどない。むしろ、途中で2つの通信サーバを介在させているので、問題は複雑となる。本件での問題の詳細な検討は別途行いたい。

### 5 むすび

本稿では、移動体のなかでのコンピューティングを支援するクラスタ型モバイル通信を提案し、その構想による利点と実現のための課題について概況を説明した。現実的には導入のための課題は多々あるが、モバイルコンピューティングが普及すれば、そのための有益な支援システムと考えられる。本稿では、構想と課題を中心に述べて、個別の課題に対する具体的な解決策や論証については深く触れていない。今後、実現に向けての具体的な検討を進めていきたい。

#### 参考文献

- [1]水野, 田窪: モバイルコンピューティング, 情報処理, Vol.36, No9, pp.822-826(1995.9)
- [2]Tomasz Imielinski, B.R.Badrinath: MOBILE WIRELESS COMPUTING, COMMUNICATIONS OF ACM, Vol37, No10, (1994.9)
- [3]Mischa Schwartz: Network Management and Control Issues in Multimedia Wireless Networks, IEEE Personal Communications (1995.7)
- [4]Rajive Bagrodia, Wesley W. Chu, Leonard Kleinrock, Gerald Popek: Vision, Issues, and Architecture for Nomadic Computing, IEEE Personal Communications(1995.12)