

クラスタ型モバイル通信の効果

青野正宏* 峰野博史** 太田賢** 渡辺尚** 水野忠則**

*三菱電機 **静岡大学

モバイルコンピューティングを行う端末は、それぞれが自由に移動できることを目指している。しかし、場合によっては複数のモバイル端末が有機的に連結し、個々の端末単独では為し得ない性能を上げることができる。我々はそれをクラスタ型モバイル通信と名づけ、[1]と[2]において提案を行った。ここでは、主として定性的効果について記述したが、本論では定量的な面からクラスタ型モバイル通信がスタンドアロン型と比べ、どのような効果があるかを考察した。

Effect of the cluster type mobile communication

Masahiro Aono* Hiroshi Mineno** Ken Ohta**
Takashi Watanabe** Tadanori Mizuno**

*Mitsubishi Electric Corp. **Shizuoka University

The mobile computing aims for each terminal to be able to move freely. However, in some cases, by making connect mobile terminals functionally, the terminal group can raise communication efficiency compared with each terminal is independent. We called it cluster-type mobile communication, and proposed the concept in [1] and [2].

We mainly described the qualitative effect in these papers. In this paper, we considered the quantitative effect of the cluster-type mobile communication compared with the stand-alone-type mobile communication.

1. 序論

モバイルコンピューティングは、ユーザを固定的なネットワークから解放し、どこでもいつでもコンピュータの利用や通信を可能とするものである。従って、モバイルコンピューティングを行う端末は、それぞれが自由に移動できることを目指している。しかし、場合によっては複数のモバイル端末が有機的に連結し、個々の端末単独では為し得ない性能を上げることができる。我々はそれをクラスタ型モバイル通信と呼ぶ。便宜上、個々の端末が独立に固定のネットワークと通信することをスタンドアロン型モバイル通信と呼ぶこととする。

我々は、個々のモバイル端末を地上の固定局と接続するのではなく、モバイル端末をまとめて地上の固定局と通信する方法の提案を[1]において行った。[1]では、航空機や列車の乗り物のなかに LAN を敷設し、その LAN に接続されている端末群をまとめてモバイル機器群として固定ネットワークと通信するという考えを示した。このようなモバイル端末群をまとめるという状況は乗り物のなかに限らない。例えば有線回線を敷設するのが経済的に引き合わない孤島や、野外に臨時の通信を含む施設群を構築する場合や、建設中の大規模工事現場などもクラスタ型モバイル通信の状況に適応する。具体的例を挙げるならば、関西空港島の建設時期において島内の各施設の機器の設置と調整はかなり先行していたのに対し、有線電話網が敷設されたのはかなり調整が進んでからであり、島内と外部との連絡は携帯電話に頼るしかなかった。まだモバイルコンピューティングの時代でなかったが、もしそうであったとしたら各施設内でのコンピュータ機器の有線接続は可能だが外部との接続は無線に頼るしかないといった状況が出現していたであろう。

クラスタ型モバイル通信を行う利点は主として2つある。第一の利点は、モバイル端末群が個々に通信を行うのではなく、個々のモバイル端末の通信能力よりも大きくて安定した通信能力をもった通信機器に代表させて固定局と通信を行うことにより、全体としての通信経過時間の減少や通信コストの削減に繋げるものである[1]。(集中制御) 第二の利点は、第一の利点とは逆の見地であるが、個々の通信機器では低い通信能力し

か得られないが、複数の機器の通信能力を同時に利用することにより、臨時に広帯域の回線を模擬的に作ることができる。また複数回線の同時使用により通信障害耐久性を増すことができる。この考え方について我々は[2]で提案した。(分散制御)

本論では、通信環境が輻輳した状態において、クラスタ型の通信経過時間を減少させる手法を示すとともに、個々のモバイル機器がスタンドアロンで固定局と通信する場合とクラスタ型で管理して通信する場合を定量的な観点から比較するのが目的である。なお、モバイル端末を臨時に組み合わせて編成するネットワークをアドホックネットワークと称することにする。

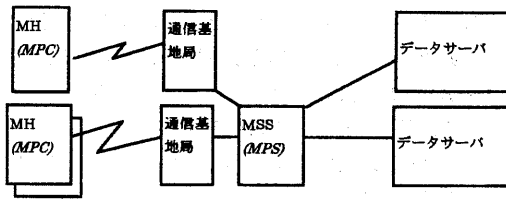
2. モバイル通信対策と評価モデル

無線通信は有線通信に比べて、帯域が狭いこと及び信頼性が低いため、モバイル通信のためにさまざまな対策が考えられている。通信性能対策だけに限っても以下のような機能がモバイル通信ミドルウェアとして実現や計画がなされている[3-6]。

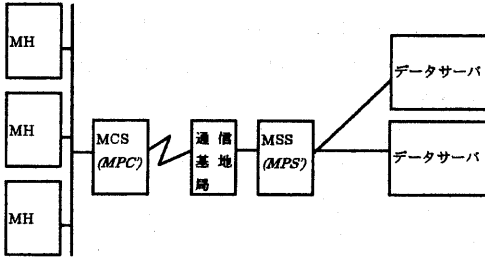
- ・データのデクレデーション(データ品質より転送量の縮減を重視)
- ・回線の自動接続/切断(通信料の節約)
- ・モバイルプロキシサーバ(キャッシュ/履歴保存など)
- ・アプリケーション復帰(通信切れからの再起動に対し障害前の状態に戻る)

このようなミドルウェアは、モバイル端末側と固定ネットワーク側の双方に実装する必要がある。ここでは、双方にそのようなミドルウェアが実装されていることを前提に、モバイル通信端末 MH (Mobile Host) からサーバにインクアイアリを送信(アップロード)し、サーバから応答を返信(ダウンロード)するプル型通信のモデルを想定し、MH においてデータ獲得の要求が発生してから MH にデータが入力完了するまでの時間を通信経過時間として評価の尺度とする。

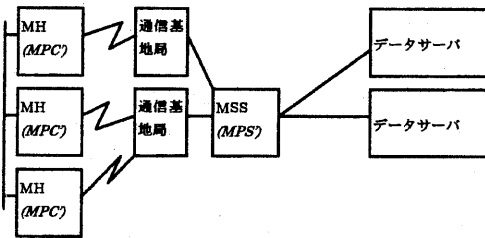
図1に(a)〈スタンドアロン型〉及び(b)、(c)〈クラスタ型〉のモデルを想定する。スタンドアロン型は個々のMHが独立して固定網の受信局に接続し、MSS (Mobile Service Station) を経由して目的サーバにアクセスする。MSS は モバイル通信のための固定網側搭載ミドルウェア



(a)スタンドアロン型モデル



(b)クラスタ型モデル (集中制御)



(c)クラスタ型モデル (分散モデル)

図1 シミュレーションモデル

MPS(Mobile Proxy Server) を搭載し、MH は モーバイル通信のためのモーバイル側搭載ミドルウェア MPC(Mobile Proxy Client) を搭載する。無線媒体は PHS と携帯電話など複数有り得るが、MSS はここではクラスタ型との比較を分かり易くするため一つに集中させるものとする。

クラスタ型集中モデルは、アドホックネットワーク全体を制御するサーバ MCS があり、ここに MPC を搭載し MH を代表して固定網の MSS と交信する。MPC にはアドホックネットワーク傘下端末の通信管理機能を含む。

クラスタ型分散モデルはアドホックネットワーク内の個々の MH が協調して MSS と通信を行う。各 MH に MPC を搭載するが、MH 相互の協調機能を含んでいる。

3. スタンドアロン型とクラスタ型の効果の比較

3.1 モデルのパラメータ

各モデルにおける通信開始を要求してから、最終的に目的とするデータを得るまでの通信経過時間算出のため作成したシミュレーションのパラメータを表1に示す。

表1 シミュレーションパラメータ

パラメータ	記号	デフォルト	説明
呼損率	C_{miss}		回線接続に失敗する確率
端末数	N_{mb}		通信端末の数
通信装置数	N_{com}		使用可能通信装置数
アドホック管理時間	T_{mn}	2	移動ネットワーク中の制御時間
共通チャネル時間	T_p	5	回線接続共通チャネルでの処理時間
個別チャネル時間	T_o	5	回線接続個別チャネル手続き時間
再接続試行待ち時間	T_{retry}	12	回線接続に失敗時再接続までの時間
上り通信時間*	T_u	5	MSS までアップロードする時間
応答待ち時間*	T_r	100	MSS から先の固定通信網処理時間
下り通信時間*	T_d	50	MSS からのダウンロード時間
端末アイドル時間*	T_{idle}	120	通信終了から次の通信要求までの時間。
回線正常期間*	T_{live}		回線が正常な期間 (回線障害ありの場合)
回線異常期間*	T_{load}	10	回線が異常な期間 (回線障害ありの場合)
キャッシュヒット率	R_{cache}		プロキシで求める情報が得られる確率

*は与えられたパラメータを平均値とした指数分布デフォルトは特に断りがない場合、実験に用いた値である。

解析的に容易に求まるケースもあるが、ここでは比較のため、シミュレーションで統一した。

3. 2 基本比較

ここでは、回線が多くある一般的环境で考える。個々の回線の確保/解放が他の回線の確保の成功率に依存しない無限回線モデルとする。通信中に回線障害は発生しない前提でモバイル端末において通信の要求が発生すると、まず端末から固定通信網のMSS (Mobile Service Station) への接続を試みる。この回線接続のためのネゴシエーションには、共通チャネルでの処理 T_p 、個別チャネルの確保後の通信開始までの手続き T_n が含まれる。次にMSSに対してMHは無線回線でインクアイアリをアップロードする。(通信時間: T_u) MSSから目的のサーバに対して有線網を通じて伝送し、当該サーバで受信・データ処理・応答出力を行った後、有線網を経由してMSSまで応答を伝送する。ここでは有線網の処理時間の詳細については検討の対象外としているので、 T_r を上り下りのMSSの処理時間、有線網での混雑による待機時間を含めた時間とする。次にMSSから当該MHに対して応答を無線環境で送信する。(通信時間: T_d) 回線が混雑している場合は、一定時間 (T_{retry}) 待ってから再接続を試みるものとする。(T_{retry} には、 T_p を含む。) 結果的に再接続の試行回数が N_{retry} であったとする。スタンドアロン型の場合は、MHにおいて、通信開始の要求が発生してから、求める情報がMHに受信されるまでの時間 T_a は、以下のとおりの合計値となる。

$$T_a = T_p + T_n + T_r + T_d + N_{retry} * T_{retry}$$

$$N_{retry} = C_{miss} / (1 - C_{miss})$$

なお、回線数の母集団の大きさにもよるが T_{retry} と C_{miss} とは無関係でない。再接続を試みるのが早ければその前の状況がつき回線が確保できない確率が高い。それでも T_{retry} を小さくすれば待ち時間は小さくなるが、 T_p が小さくする限界である。クラスタ型の場合、スタンドアロン型に加え、 $T_{mn} * 2$ のアドホックネットワーク内での制御時間がかかる。これを図2の回線1の場合に示す。

ところで、クラスタ型の場合、アドホックネットワークのなかで待ち行列を作り、FIFOで処理を行うことができる。そこで、個別の通信が終了しても、クラスタの中の端末が通信開始の要求中であれば回線をそのまま保持し通信回線要求中の端末の通信に使用する。(手法1) 通信要求がな

ければ回線を解放するものとする。厳密には通信開始手続きに入った端末以外に通信開始手続きに入る前の端末があれば、それを優先して確保中の通信回線を回せばさらに効率的であるが、ここではFIFOの原則で考えるものとする。これを図2に示す。なお、図2以下においてSAはスタンドアロン型を示す。Cxはクラスタ型のx回線の場合を示す。

この方式のみでは、通信要求の発生頻度が大きく(端末数が多さ、通信要求発生間隔の短さ)、通信環境が混雑している状況でない、クラスタ型の効果は十分現われてこない。

次の方策として、MSSから固定網で目的サーバまでアクセスし応答が戻ってくるまでの時間が一般にかなり大きいとすると、クラスタ型の場合、他のMH対応で通信すべきものがあればそれに割り当てることが可能である。(手法2) いったん、MHと回線との関連が切れるので応答のとき、保持している回線がなければ、あらためて回線を確保することになる。結果を図3に示す。クラスタ型で管理する端末数(回線数)が少ない場合及び呼損率が小さい場合は、スタンドアロン型の方が通信経過時間が短い、端末数の増大及び呼損率が大きくなると、クラスタ型の方が回線が有効に使用されるので、通信経過時間の増大が小さい。

3. 3 広帯域回線の利用/大数効果

我々は[1]において、個々のMHによる携帯無線やPHSなどの通信より、乗り物においては衛星通信やその他の広帯域無線回線が利用し易いことを述べた。 N_{mh} 個のMHが1の通信能力を各々利用するより、 N_{mh} 以上の通信能力を持つ広帯域回線を共同して利用した方がアドホックネットワークの制御時間($T_{mn} * 2$)を加えても一般に効率が良い。(手法3) 図4に通信経過時間を示す。ここでは、スタンドアロン型回線の4回線相当の帯域があるものとした例を示す。なお、ここで呼損率が大きくなると端末数1台のほうが通信経過時間が大きくなるという結果を示しているが、これは次の理由による。通信中がなくなれば回線を切ると手段をとっているが、呼損率が大きくなると再接続に時間がかかる。一方、端末数が多いと常に回線接続中になり再接続の時間がかからないためである。ここは、実感と合わないところである

が、呼損率が大きく通信頻度が大きい場合は通信が完了しても通話を切らないという別の方策も必要になる場合もある。

また、広帯域回線を利用できなくても、[2]で提案したマルチリンクの方式によると、 N_{mh} 回線に分散して送信する方式をとることも可能である。1つの通信に1回線を確保するのではなく、できるだけ回線を確保し、FIFO方式でひとつずつ送信メッセージを取り出し、パケットを分散して送出し、確保できた回線に受信側でパケットを組み立てる方式である。(手法4)

3.4 送信量による優先順位の設定

さらに通信経過時間を減らす方法として、MSSからMPC/MHに下りメッセージを返すときに待ち行列ができれば、FIFOの順でなく送信量が小さいメッセージから順に返すという手法が考えられる。(手法5)ただし、 T_u 、 T_d が他の要素に比べて小さければ効果が小さいこと自明なので T_0 の値が相対的に大きい場合の手法5を用いた場合と用いない場合の比較を図5に示す。ドラステックな通信時間の削減はないが、ある程度の効果は期待できる。

3.5 キャッシュの利用

モバイル通信を支援する手法のひとつとして、MSSにプロキシサーバの機能を持たせ、データサーバにアクセスした情報をMSSデータベースに待避しておき、同一情報参照があれば目的とするデータベースにアクセスせず、MSSから直接応答するキャッシュ機能がある。これにより応答時間 $T_r \cdot R_{cache}$ が節約できる。クラスタ型集中制御方式の場合は、MCSでキャッシュすることが可能となる[1]ので、 $(T_u + T_d + T_r) \cdot R_{cache}$ を節約することができる。(手法6)その他待ち時間なども減少するため、キャッシュヒット率による差異を図6に示す。(クラスタ型の場合手法1, 2, 6のみを用いた場合と比較する。)

3.6 回線障害ありを想定した場合

ここまでは各手法による効果のみを抽出するため、回線障害はなしあるいは各通信時間に含めるものとしてきたが、無線の場合接続が切れやすい。接続が切れた場合の影響について述べる。

図7に回線の障害期間を10、正常期間を990~190とし、障害期間に入ると回線が切れるものとして、呼損率20%の場合の例を示す。基本的に回線障害に応じて通信経過時間が増加するが特にスタンドアロン型とクラスタ型で傾向の差異はみられない。

4. まとめ

アドホックに密なネットワークを形成し、そのネットワーク事体がモバイル環境にある場合の固定網との通信と、個々の端末が直接、固定網と通信する場合との効率について、定量的な面から比較した。ここに挙げたいいくつかの手法を活用することにより、通信環境が悪い状況においてクラスタ型は、スタンドアロン型より相対的に効果を上げることを示した。

今後は、ここで取り上げなかった手法4の評価、有効回線数が少ない場合のモデルについての評価、アドホックネットワークのプロトタイプシステム構築による回線管理の実装による評価などを予定している。

参考文献

- [1] 青野, 渡辺, 水野: クラスタ型モバイル通信の提案, 情処研報 Vol.97 No.MBL-1
- [2] 峰野, 太田, 青野, 水野: クラスタ型ネットワークにおける通信回線共有プロトコルの提案, 情報処理 55 回全国大会講演集
- [3] 辻, 小津, 三浦, 滝沢, 水野: モバイルプロキシサーバの試作, 情処研報 Vol.97 No.MBL-2
- [4] 徳升, 広川, 高橋: 移動体通信ミドルウェア「モバイルコンポーネント」, 情処研報 Vol.96 No.MBL-1
- [5] 日経コンピュータ No.413 pp174「モバイルを加速させるエージェントソフト」
- [6] Rajive Bagrodia, Wesley W. Chu, Leonard Kleinrock, Gerald Popek: Vision, Issues, and Architecture for Nomadic Computing, IEEE Personal Communications(1995.12)

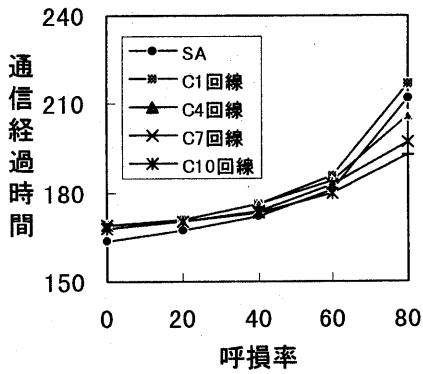


図2 手法1の適用

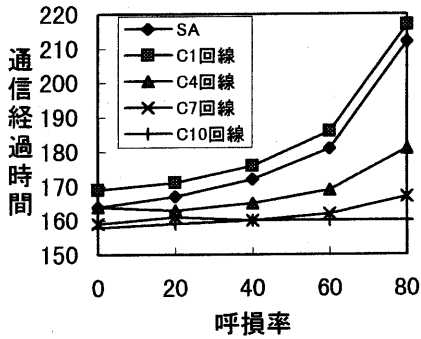


図3 手法2の適用

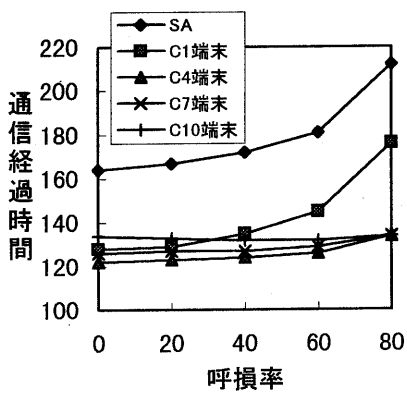


図4 広域回線の利用 (手法3の適用)

$T_u=2, T_d=13$

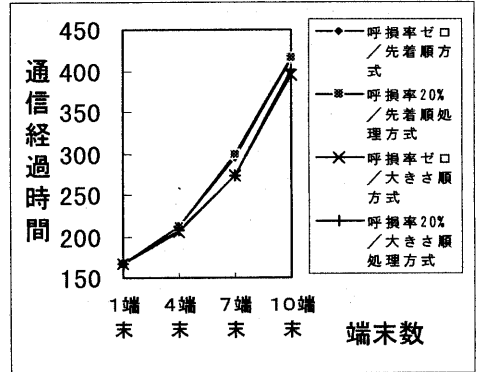


図5 手法5の適用

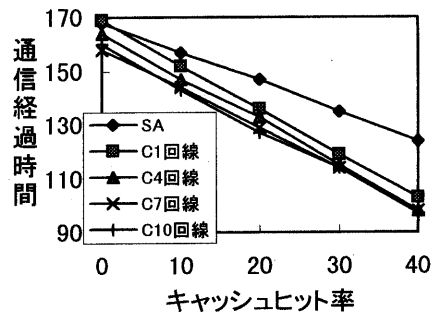


図6 手法2, 6の適用

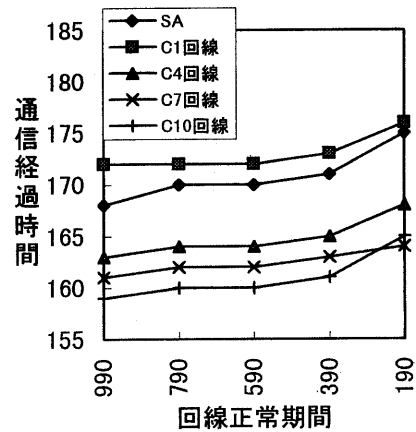


図7 回線障害ありの場合 ($C_{miss}=20\%$)