

移動体通信のための適応的ルーティング方式

門林 理恵子[†] 塚本 昌彦^{††}

本稿では、コンピュータネットワークにおいて移動体通信を実現するとともに、ネットワーク資源を効率良く使用することができる適応的ルーティング方式を提案する。移動体をサポートするためには、ルータは移動体の所在の通知と移動体あてのデータパケットを現在の所在地へ転送するフォワーディングの機能を実行する必要がある。この2つの機能は生じるトラヒックに関してトレードオフの関係にある。すなわち、最短でない経路によってデータパケットが転送されてトラヒックが増加することを防ぐためには、移動体が移動するたびに移動体の所在通知を行わねばならないが、移動が頻繁になると、所在通知のトラヒックが増加する。そこで、所在通知とフォワーディング機能のそれぞれについて複数の方式を定義し、ネットワークの規模やトポロジー、移動体の移動頻度や通信頻度、ネットワークで使用するパケットの平均サイズなどのネットワーク特性に応じて、適応的に選択し実行する適応的ルーティング方式を提案する。本方式を使用することによって、ネットワークのトラヒックを低減し、効率良い資源利用を行うことが可能となる。さらに、ネットワーク特性に基づいた最適な方式の選択ができるように、各方式によって生じるトラヒックを解析によって求め、方式を切り替えるための指針も示す。

An Adaptive Routing Scheme for Mobile Communication

RIEKO KADOBAYASHI[†] and MASAHICO TSUKAMOTO^{††}

In this paper, we propose an adaptive routing scheme for mobile communication which can improve the efficient use of the network resources such as the network bandwidth while it provides the mobility for the computers residing in the network. To provide the mobility, a router must perform two kinds of functions: location notification and packet forwarding. Since the adaptive router scheme has three distinct methods for the location notification and four distinct methods for the packet forwarding, a router can select the best method from among the several methods adaptively when it needs to perform each of the two functions. The adaptive routing scheme can, hence, reduce the total traffic caused by the two functions. The selection criteria are also discussed based on the analytical evaluation of each method and the concrete examples are shown.

1. はじめに

コンピュータネットワークの普及と赤外線通信を始めとする無線通信技術の進歩、さらにコンピュータの高性能化かつ小型化により、いつでもどこからでもネットワークにアクセスでき、固定的に接続していたときと同じ性能を享受することのできる移動体通信環境が望まれている。従来のネットワーク環境において移動体通信環境を実現するためには、移動可能なコンピュータ（本稿では、これを移動体と呼ぶ）が移動す

るたびに变化する現在地アドレスと、通信相手から認識してもらうために必要な識別子アドレスの対応付けを行う必要があり、そのために数多くの移動体プロトコルが提案されている^{1),3),8),9),11),14)~17)}。

しかし移動体通信環境の実現にあたっては、上述の移動透過性の問題だけではなく性能透過性の問題も解決しなければならないことが指摘されている⁷⁾。性能透過性とは、有線ネットワークに固定的に接続されている状態と同様な性能が得られることをいう。移動体通信環境において性能に大きな影響を与えるのは、ルータのパケット処理能力よりもむしろネットワーク上に流れるトラヒックの総量である²⁾ため、ネットワーク全体のトラヒックをできるだけ低く抑えることが肝要である。

そこで著者らは、提案されている移動体通信プロトコルで使用されている手法を5つの基本的な方式に分

[†] 株式会社エイ・ティ・アール知能映像通信研究所
ATR Media Integration & Communications Research Laboratories

^{††} 大阪大学工学部情報システム工学科
Department of Information Systems Engineering, Faculty of Engineering, Osaka University

類し、それらのトラヒックに関する定量的な評価と比較を行った⁶⁾。その結果、ネットワークの規模やトポロジー、移動頻度や通信頻度、データパケットのサイズなどのネットワークを特徴づける様々な特性が変化すると、最も性能の良い方式が異なることが明らかとなった。ところが、ネットワークトポロジーや移動頻度などのネットワークの特性は、運用中に時間とともに変化するものである。したがって、移動体通信環境においては、唯一の方式だけを採用するのではなく、時間が経つにつれて変化するネットワーク特性に応じて、最適な方式を適応的に選択し使用することが望ましい。

このような視点から、著者らは、複数の方式をネットワーク特性に応じて動的に選択して実行する適応型移動体通信プロトコル¹²⁾を提案するとともに、どのようなネットワーク特性によって方式を切り替えればよいかという選択指針¹³⁾を示した。そして適応型移動体通信プロトコルがネットワーク全体のトラヒックを低減でき、性能透過性の問題を解決するうえで有効なことを明らかにした。しかし、適応型移動体通信プロトコルはOSIのネットワーク層プロトコルであるCLNP⁴⁾をベースにしたプロトコルであるため、現在インターネットで広く使用されているプロトコルであるIP¹⁰⁾などでは直接使用できない。そこで、本論文ではIPなどの他のプロトコルにおいても適応的な移動体サポートの考え方を適用可能とするために、適応型移動体通信プロトコルを一般化した適応的ルーティング方式を提案する。

以下では、まず2章で適応的ルーティング方式の概要について述べる。次に、3章でネットワークの特性に応じて、所在通知方式とフォワーディング方式のそれぞれを適応的に切り替えるための方針について述べ、具体的な例を示す。最後に、4章で本論文のまとめを述べる。

2. 適応的ルーティング方式の概要

移動体をサポートするためにルータに必要な機能は、移動体が移動したときに他のルータに新しい位置を知らせる所在通知と、移動体あてのデータパケットを受信したときに移動体の現在地へフォワードするパケットフォワーディングである。この2つの機能はトラヒックの観点からはトレードオフの関係にある。すなわち、データパケットを移動体あてにフォワードするために生じるトラヒックを最小にするためには、移動体が移動するたびにすべてのルータに移動体の現在地を更新する情報を送信して、つねにデータパケットが

最短経路でフォワードされるようにすればよいが、移動が頻繁になるにつれ、移動の通知のためのトラヒックが増加することになる。

そこで、適応的ルーティング方式では、この2つの機能のそれぞれについて複数の方式を用意しておき、各ルータがこれらの機能の実行時に最も適した方式をローカルに選択する。最適な方式とは、所在通知とデータパケットのフォワーディングによって生じる総トラヒックが最も少なくなる方式である。以下、まず適応的ルーティング方式におけるルータの種類と役割について述べ、次に、所在通知とフォワーディングの方式について述べる。

2.1 ルータの種類

適応的ルーティング方式では、ルータを移動体との関係に基づいて次の3種類に分ける。まず、移動体と隣接しており直接通信することが可能なカレントルータがある。隣接するとは、同一の物理媒体を介して通信可能であることを指し、移動体とルータが同一のLAN上にある場合やポイントツーポイントの回線で接続されている場合である。したがってカレントルータは移動体が移動するたびに変わる。カレントルータは移動体あてのデータパケットを受信する役割を果たす。

次に、移動体の所在情報をすべてのルータに通知するデフォルトルータがある。デフォルトルータが通知する所在情報は移動体のデフォルトアドレスである。デフォルトアドレスとは移動しても変化しないアドレスである。デフォルトルータは、移動体のカレントアドレスを管理する役割を果たす。カレントアドレスとは移動体の現在の所在を示すアドレスであり、移動のたびに変わる。ここでは、移動体のデフォルトアドレスはデフォルトルータのアドレスで表され、カレントアドレスはカレントルータのアドレスで表されるものとする。

デフォルトルータは移動体ごとに異なってよい。またある移動体にとってのデフォルトルータが動的に変化してもよい。デフォルトルータが変化するのとは、他のカレントルータが移動体のカレントアドレスをすべてのルータに通知する場合である。この場合、移動体のカレントアドレスがデフォルトアドレスになるため、デフォルトアドレスも変化することになる。

最後に、カレントルータでもデフォルトルータでもないノーマルルータがある。ノーマルルータはフォワーディングのみを行い、所在通知の機能は実行しない。

これらのルータは、移動体が移動して隣接したとき、あるいは移動体あてのデータパケットを受信したとき

- れを選択してもよい。仮に DN を選択したとすると、R4 は MH1 のカレントアドレスを知りその情報を管理する。
- (3) このとき、ルータ R2 が MH1 へのデータパケットを受信したとする。デフォルトルータが存在するので、R2 は DF, DQ, BF, BQ のいずれのフォワーディング方式も選択可能である。ここでもし DQ を選択すれば、R2 から R4 へ MH1 の現在位置を問い合わせるパケットが送信される。R4 はこの問いに対し、MH1 のカレントアドレスを答える。
- (4) R2 は、問合せの結果に基づき、MH1 のカレントルータである R3 へデータパケットをフォワードする。
- (5) (2) で、MH1 が移動してきたときに、R3 は DN でなく NN を選択することも可能である。このときは、R4 は MH1 のカレントアドレスを保持しないことになるが、デフォルトルータのままである。
- (6) 先ほどと同様に、R2 が MH1 へのデータパケットを受信したとする。そして、DF を選択し、そのパケットをデフォルトルータである R4 にフォワードしたとする。
- (7) R4 は MH1 の正しいカレントアドレスを保持していない。ただし、R4 にはそれが正しいかすでに古くなっているのかを明示的に判断はできない。以前に DN によって通知を受けてから経過した時間などから最新でないと判断した場合は、BF または BQ のいずれかを選択する。BF を選択した場合、パケットはすべてのルータへとフォワードされる。このパケットを受信してもカレントルータ以外のルータは廃棄する。カレントルータである R3 は、MH1 へに送信する。
- (8) (7) で BQ を選択したとすると、MH1 の所在を問い合わせるパケットが R4 から他のすべてのルータへブロードキャストされる。この問合せには、カレントルータである R3 が応答する。その結果、R4 が MH1 へのパケットを R3 へフォワードすることが可能となる。
- (9) R4 がデフォルトルータであるにもかかわらず、MH1 の正しいカレントアドレスが分からない状態が続くと、他の移動体やホストから MH1 へにパケットが送信されるたびに、R4 が BF または BQ を行うことになり、フォワーディングの効率が悪くなる。このようなときは、カレ

ントルータである R3 が BN によって MH1 のデフォルトアドレスを他のルータに知らせる。この場合 MH1 のデフォルトルータが R4 から R3 へと変わる。

- (10) その後、他のルータは、MH1 へのパケットを受信し DF を選択した場合、正しくデフォルトルータである R3 にフォワードすることができ、ルーティングの効率が上がる。

3. 方式選択の基準

1章で述べたように、移動体通信における性能はルータのパケット処理能力よりもむしろネットワーク上を流れるトラフィックの総量に大きく影響されるため、通知方式とフォワーディング方式の選択基準には総トラフィック量を使用する。そこで本章では、通知方式における3種類の方式とフォワーディング方式における4種類の方式のトラフィックの見積りを行う。またそれぞれの選択指針の一例も示す。トラフィックはパケットサイズ × 距離で表す。距離はホップ数で測る。

3.1 フォワーディング方式の選択指針

移動体 MHa に関して、Ra がノーマルルータ、Rb がデフォルトルータであるとする。Ra が MHa へのデータパケットを受信したときを考える。このとき Ra は、DF, DQ, BF, BQ の4つの方式から1つを選択して、データパケットをフォワードしなければならない。本節ではその指針について議論する。

まず、各方式のトラフィックを求めるために、以下のネットワークパラメータを定義する。

R: ルータの集合。

N: ルータの総数。

N': ブロードキャストフォワーディングにかかるホップ数。

D: Ra-Rb 間の距離。

C(x): ルータ x からルータ y ($y \in R - \{x\}$) への平均距離。

C'(x): ルータ x からルータ y ($y \in R - \{Ra, Rb, x\}$) への平均距離。

H: Rb からルータ y ($y \in R - \{Ra\}$) への平均距離。

c: 問合せなどに使う制御パケットの平均サイズ。

d: 受信したデータパケットの平均サイズ。

y: d/c。

Ra は、選択した方式によって生じるトラフィックを見積もるために、デフォルトルータである Rb が選択する方式とその成功率などに関して、次のパラメータを予測するものとする。

α : Rb が、Ra から MHa へのデータパケットを

受信したときに, BF, BQ ではなく DF を選択して, カレントルータにフォワードする確率. あるいは, Ra が位置を問い合わせたときに, カレントルータを答える確率. つまり, Rb が, 自局の情報が正しいと信じている確率である. ここでは, 両者の確率は等しいと見なす. Ra はこの値を, たとえば, Rb が BN を行ってから経過した時間などから推定する.

β : Rb が α の確率で, 自局の情報が正しいと信じてデータパケットをカレントルータへフォワードした場合または Ra からの DQ への応答をした場合に, その情報が正しい確率. つまり, 正しくカレントルータを把握している確率であるとも言える. 統計情報などがある場合にはそれを用いて算定する.

まず, 一般にルータ x が BF または BQ のどちらかを選ばなければならない場合を考える. BF, BQ のトラヒックはそれぞれ以下のように見積もることができる.

$$\text{BF: } N'd$$

$$\text{BQ: } (N' + C(Ra))c + C(Ra)d$$

したがって, BQ より BF の方がトラヒックが少ないのは,

$$y < \frac{N' + C(x)}{N' - C(x)}$$

の場合である. この条件を **BF 条件** と呼ぶ. ルータ x について BF 条件が成立することを $\text{BF}(x)$ と記す. 以下の議論においては, ルータはこの条件に従って, BF または BQ を選択するものと仮定する.

次に, Ra, Rb がパケットをブロードキャストするために生じるトラヒックを Ba, Bb とし, Ra, Rb 以外のルータがブロードキャストするために生じるトラヒックを B_{AVE} とすると, Ra が DF, DQ, BF, BQ を実行することで生じるトラヒックはそれぞれ以下のように見積もることができる.

$$\text{DF: } \alpha\beta(D + H)d + \alpha(1 - \beta)((D + H)d + B_{\text{AVE}}) + (1 - \alpha)(Dd + Bb)$$

$$\text{DQ: } \alpha\beta(2Dc + C(Ra)d) + \alpha(1 - \beta)(2Dc + C(Ra)d + B_{\text{AVE}}) + (1 - \alpha)(2Dc + Ba)$$

$$\text{BF: } N'd$$

$$\text{BQ: } (N' + C(Ra))c + C(Ra)d$$

ここで, BF 条件を満たすルータの数を n_1 (ただし, ルータ Ra, Rb は除く) とすると, B_{AVE} と Ba, Bb は次の式によって与えられる.

$$B_{\text{AVE}} = \frac{1}{N - 2} \left\{ n_1 N'd + (N - 2 - n_1) N'c + (c + d) \sum_{x \neq Ra \wedge x \neq Rb \wedge \neg \text{BF}(x)} C'(x) \right\}$$

$$Ba = \begin{cases} N'd & (\text{BF}(Ra)) \\ (N' + C(Ra))c + C(Ra)d & (\neg \text{BF}(Ra)) \end{cases}$$

$$Bb = \begin{cases} N'd & (\text{BF}(Rb)) \\ (N' + C'(Rb))c + C'(Rb)d & (\neg \text{BF}(Rb)) \end{cases}$$

上記の式より, ルータ Ra は y, α, β に従って最適な方式を適応的に選ぶことができる. 他のパラメータはルータのネットワークポロジによって決定される.

3.2 所在通知方式の選択指針

次に所在通知方式の選択指針について述べる. ルータ Ra が, 移動体 MHa が移動し自局に隣接したことを検出したとする. また, Rb が MHa のデフォルトルータであるとする. このとき, Ra は BN, DN, NN の3つの方式のうちから1つを選択して移動の通知をしなければならない.

所在通知方式の選択によって, その後のパケットフォワーディングによって生じるトラヒックが変わるため, 各所在通知方式のトラヒックの解析は, パケットフォワーディングのトラヒックを含めて見積もる必要がある. しかし, フォワーディング方式の選択は各ルータがローカルに行うため, 解析は複雑である. そこで, 解析を容易にするために,

- Ra が BN を選択すれば, 他のルータは MHa へのデータパケットのフォワーディングに DF を,
- Ra が DN を選択すれば, 他のルータは MHa へのデータパケットのフォワーディングに DF を,
- Ra が NN を選択すれば, 他のルータは MHa へのデータパケットのフォワーディングに BF を選択するものとする. このような仮定をおかない, さらに正確な解析を行うことは今後の課題である.

前節での定義に加え, 下記のネットワークパラメータを定義する.

N'' : ブロードキャスト通知にかかるホップ数.

以下の解析は, MHa がルータ Ra に隣接している期間中のトラヒックの総量を見積もるものである. Ra は以下のパラメータを予測するものとする.

λ : MHa のパケット送信頻度 (指数分布とする).

μ : MHa の移動頻度 (指数分布とする).

したがって, BN, DN, NN によって生じるトラヒッ

クは以下のように見積もることができる。

$$\text{BN: } N''c + \frac{\lambda}{\mu} C(Ra)d$$

$$\text{DN: } Dc + \frac{\lambda}{\mu} (H + D)d$$

$$\text{NN: } \frac{\lambda}{\mu} N'd$$

ここで、 $x = \mu/\lambda$ とおくと BN が DN よりも効率が良いのは、

$$x < \frac{H + D - C(Ra)}{N'' - D} y$$

のとき、DN が NN よりも効率が良いのは、

$$x < \frac{N' - (H + D)}{D} y$$

のとき、BN が NN よりも効率が良いのは、

$$x < \frac{N' - C(Ra)}{N''} y$$

のときである。

3.3 具体的な選択指針の例

3.3.1 グリッドトポロジネットワークでの例

図2のようなグリッドトポロジのネットワークを考える。図中の四角はルータを、実線はリンクを表す。

まず、フォワーディング方式の選択指針について考える。ルータ Rb が移動体 MHa のデフォルトルータ、ルータ Ra 以外のルータのいずれかがカレントルータである場合に、ルータ Ra が MHa へのデータパケットを受信し、フォワーディング方式を選択しなければならないと仮定する。

この例では、見積りに必要なネットワークパラメータの値はそれぞれ $N = 9$, $N' = 8$, $D = 2$, $H = 2$, $C(Ra) = 9/4$, $C'(Rb) = 16/7$ となる。ただし、 N' の値はフラッディングを用いてブロードキャストフォワーディングを行った場合のものである。フラッディングとは、パケットを受信したリンク以外のリンクにそのパケットを送信することでブロードキャストを行う方法である。

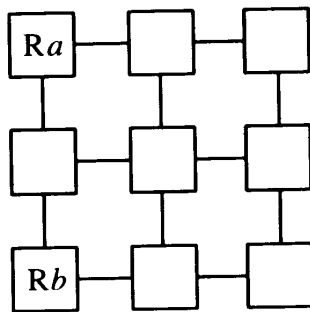


図2 グリッドトポロジネットワーク
Fig. 2 Grid topology network.

ここで、たとえば $\beta = 3/4$ と仮定して各方式のトラヒックを見積もると、ルータ Ra がパケットフォワーディングを行うのに最適な方式は、 α , y に応じて図3のように求めることができる。この図から、デフォルトルータの情報の信頼度が高いときは、DF や DQ 方式を選択し、データパケットのサイズが制御パケットサイズの約2倍以上の場合は、問合せに基づく BQ, DQ を選択するのがよいことが分かる。

次に通知方式の選択指針を示す。移動体が移動してルータ Ra に隣接してきた場合を考える。ブロードキャスト通知にフラッディングを使用したとすると $N'' = 12$ となり、これによって BN, DN, NN の各方式のトラヒックを見積もると、ルータ Ra にとって最適な方式は、 x , y に応じて以下になる。

- $0 \leq x \leq 7y/40$ ならば、BN 方式
- $7y/40 \leq x \leq 2y$ ならば、DN 方式
- $2y \leq x$ ならば、NN 方式

が最適である。

これを図4に示す。この図から次のことが読みとれる。

- 移動に比べ通信が頻繁な場合は BN がよい。
- 通信に比べ移動が頻繁な場合は NN がよい。
- 両者の中間の場合は DN が適している。

3.3.2 二分木トポロジネットワークでの例

次に図5に示す二分木トポロジのネットワークで

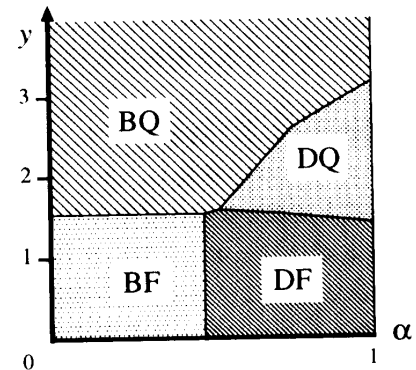


図3 グリッドトポロジネットワークにおける最適フォワーディング方式

Fig. 3 Optimal forwarding methods in grid topology network.

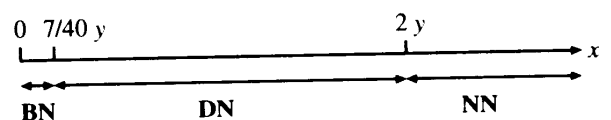


図4 グリッドトポロジネットワークにおける最適所在通知方式
Fig. 4 Optimal notification methods in 3-grid network topology.

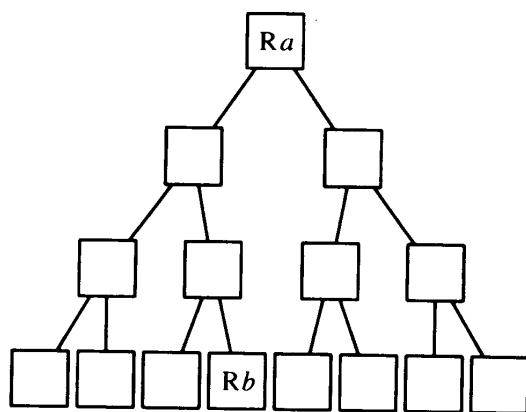


図5 二分木トポロジーネットワーク
Fig. 5 Binary tree topology network.

の選択指針を示す。

ルータ Rb が MHa のデフォルトルータであり、ツリーの葉にあたる部分のルータのいずれかがカレントルータであると仮定し、ルータ Ra が MHa へのデータパケットを受信した場合について、フォワーディング方式の選択指針を示す。

この例では、ネットワークパラメータは $N = 9$, $N' = 14$, $D = 3$, $H = 34/8$, $C(Ra) = 3$, $C'(Rb) = 34/7$ となる。

グリッドトポロジーネットワークの例と同様に、たとえば $\beta = 3/4$ と仮定して各方式のトラヒックを見積もると、ルータ Ra がフォワーディングを行うのに最適な方式は、 α , y に応じて図6のように求めることができる。この図からルータ Ra は、たとえば $\alpha = 0.6$, $y = 1$ のときは、DF 方式を選択すればよいことが分かる。

次に所在通知方式の選択指針を示す。移動体 MHa がルータ Ra のところへ移動し、ルータ Ra がいずれかの通知方式を選択しなければならない場合を考える。グリッドトポロジーネットワークの例と同様に、ブロードキャスト通知にフラッディングを使用すると $N'' = 14$ である。これに従って各方式のトラヒックを見積もると、ルータ Ra にとって最適な方式は x , y の値に応じて次のようになる。

- $0 \leq x \leq 17y/44$ ならば、BN 方式
- $17y/44 \leq x \leq 9y/4$ ならば、DN 方式
- $9y/4 \leq x$ ならば、NN 方式

が最適である。

この結果を図7に示す。この図からグリッドトポロジーネットワークと同様の傾向が読みとれる。すなわち移動の頻度が高ければ NN 方式が適しており、通信の頻度が高ければ BN 方式が適している。その中間の場合には DN 方式が適している。

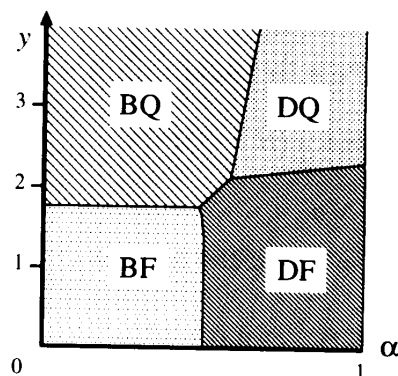


図6 二分木トポロジーネットワークにおける最適フォワーディング方式

Fig. 6 Optimal forwarding methods in binary tree topology network.

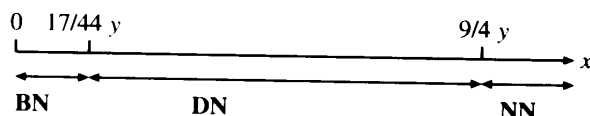


図7 二分木ネットワークトポロジーにおける最適所在通知方式
Fig. 7 Optimal notification methods in binary tree network topology.

4. おわりに

本論文では、移動体通信を効率良く実現するための適応的ルーティング方式を提案した。ルータが移動体をサポートするためには移動体の所在通知とデータパケットのフォワーディングの2つの機能を実行しなければならない。この2つの機能について、所在通知のためにはBN, NN, DNの3種類の方式を、フォワーディングのためにはDF, DQ, BF, BQの4種類の方式を定め、ルータがそれぞれの機能の実行時に適応的に選択することにより、ネットワーク全体のトラヒックを低減できることを可能とした。

また、適応的ルーティング方式を実際に運用するためには、各方式によって生じるトラヒックの定量的な評価が必要である。本論文では、トラヒックがネットワークの規模やトポロジー、移動頻度やデータパケットの平均サイズといったネットワークの特性に基づいて算出できることを示した。またこうして得られたトラヒックの見積りによって、どのような条件のもとで方式を切り替えるとよいかという指針を示した。さらに、グリッドトポロジーネットワークと二分木トポロジーネットワークの場合を例にとり、具体的な選択指針を示した。

以上のことより次のような結果が得られた。データパケットのフォワーディングを行うときは、1) デフォ

ルトルータの信頼度が高いときは、デフォルトルータベースである DF, DQ 方式を選択し、2) デフォルトルータの信頼度が低いときは、ブロードキャストベースの BF, BQ 方式を選択するのがよい。また、3) データパケットのサイズが大きいときは、問合せを使用する BQ, DQ 方式を選択するのがよく、4) データパケットのサイズが小さいときは、フォワーディングに基づく BF, DF 方式を選択するのがよい。

所在の通知を行うときは、1) 移動に比べ通信が頻繁な場合は BN を選択し、2) 通信に比べ移動が頻繁な場合は NN を選択し、3) 両者の中間の場合は DN を選択するのがよい。

謝辞 本研究の機会を与えてくださった株式会社エイ・ティ・アール知能映像通信研究所中津良平社長ならびに日頃ご指導いただく間瀬健二第2研究室室長に深謝の意を表す。また、有益なご助言をいただいた大阪大学工学部情報システム工学科西尾章治郎教授と第2研究室室員の皆様に謹んで感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) Carlberg, K.G.: A Routing Architecture That Supports Mobile End Systems, *Proc. IEEE MILCOM*, pp.159-164 (1992).
- 2) Ebling, R.M., Mummert, B.L. and Steere, C.D.: Overcoming the Network Bottleneck in Mobile Computing, *Proc. the 1994 Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, pp.34-36 (1994).
- 3) Ioannidis, J., Duchamp, D. and Maguire Jr., G.Q.: IP-based Protocols for Mobile Internet-working, *Proc. ACM-SIGCOMM*, pp.235-245 (1991).
- 4) ISO: 8473, Draft, Information Processing Systems - Data Communications - Protocol for Providing the Connectionless-mode Network Service (1992).
- 5) Jain, R. and Lin, Y.B.: An Auxiliary User Location Strategy Employing Forwarding Pointers to Reduce Network Impacts of PCS, *Wireless Networks*, Vol.1, No.2, pp.197-210 (1995).
- 6) Kadobayashi, R. and Tsukamoto, M.: Performance Comparison of Mobile Support Strategies, *Proc. ACM First Int'l Conf. on Mobile Computing and Networking*, pp.218-225 (1995).
- 7) Myles, A. and Skellern, D.: Comparison of Mobile Host Protocols for IP, *Internetworking: Research and Experience*, Vol.4, pp.175-194 (1993).
- 8) Perkins, C.E.: IP Mobility Support, Internet

Draft, *draft-ietf-mobileip-protocol-11.txt*, 1995 (working draft).

- 9) Perkins, C.E. and Bhagwat, P.: A Mobile Networking System Based on Internet Protocol, *IEEE Personal Communications*, Vol.1, pp.32-41 (1994).
- 10) Postel, J.: Internet Protocol, *RFC 791* (1981).
- 11) Tanaka, R. and Tsukamoto, M.: A CLNP-based Protocol for Mobile End Systems within an Area, *Proc. IEEE International Conference on Network Protocols*, pp.64-71 (1993).
- 12) 田中理恵子, 塚本昌彦: 適応型移動体通信プロトコル, 情報処理学会研究会報告 DPS 65-1, Vol.94, No.19, pp.1-6 (1994).
- 13) 田中理恵子, 塚本昌彦: 適応型移動体通信におけるプロトコル選択方式, 情報処理学会研究会報告 DPS 66-13, Vol.94, No.56, pp.73-78 (1994).
- 14) 田中理恵子, 塚本昌彦: OSI エリア内での移動体通信のためのデフォルトフォワーディングプロトコル, 情報処理学会論文誌, Vol.35, No.11, pp.2509-2520 (1994).
- 15) Teraoka, F., Yokote, Y. and Tokoro, M.: A Network Architecture Providing Host Migration Transparency, *Proc. ACM-SIGCOMM*, pp.209-220 (1991).
- 16) 塚本昌彦, 門林理恵子: CLNP ネットワークにおける広域移動体通信プロトコル, 情報処理学会論文誌, Vol.36, No.8, pp.2007-2018 (1995).
- 17) Wada, H., Yozawa, T., Ohnishi, T. and Tanaka, Y.: Mobile Computing Environment Based on Internet Packet Forwarding, *Proc. Winter USENIX*, pp.503-517 (1993).

(平成7年9月29日受付)

(平成8年1月10日採録)

門林理恵子 (正会員)



1963年生。1985年大阪大学文学部史学科卒業。ソフトウェア会社勤務を経て、1990年シャープ(株)入社。1994年9月より、(株)エイ・ティ・アール通信システム研究所に

出向。現在、(株)エイ・ティ・アール知能映像通信研究所第2研究室に所属し、コミュニケーション支援技術の研究に従事。電子情報通信学会会員。共訳書に「オープンシステムネットワーク」(ソフトバンク)。



塚本 昌彦 (正会員)

1964年生. 1987年京都大学工学部数理工学科卒業. 1989年同大学院工学研究科修士課程修了. 同年, シャープ(株)入社. 1995年3月より大阪大学工学部情報システム工学科講師. 現在に至る. モーバイルコンピューティングおよび知識処理応用に興味を持つ. 工学博士. 電子情報通信学会, 人工知能学会, 日本ソフトウェア科学会, ACM, IEEE 各会員.
