

エリア内エンドシステム移動のための OSIベースのルーティングプロトコル

田中 理恵子[†] 塚本 昌彦[‡]

[†] シャープ株式会社 技術本部 情報技術開発センター

[‡] シャープ株式会社 技術本部 情報技術研究所

本稿では、OSIネットワーク環境下で、移動体、つまり、移動型のES(End System)を効率よくサポートするプロトコルを提案する。移動体が実際に隣接するIS(Intermediate System)であるカレントNIS(Neighbour IS)と、IS-ISプロトコルのレベル1リンク状態PDU(Protocol Data Unit)でその移動体に隣接していることをエリア内で報告するデフォルトNISを区別することにより、頻繁な移動に対して発生する制御PDUの量を低減できることを示す。本プロトコルは、1. ESの拡張を必要とせず、2. エリア内で既存のOSIネットワーク機器との混在が容易であり、しかも、3. 既存OSIネットワークにおいて他のエリアに影響を及ぼさないような運用が可能であるという点において有用性が高いと考える。

1 はじめに

ネットワーク技術の進歩につれ、計算機の利用技術はネットワークへの依存度を高めている。特に、電子メールや分散ファイルシステムなど、一般の計算機利用においてネットワークが必須のものとなりつつある。一方、計算機のハードウェア技術の進歩は、計算スピードを急激に速めるのと同時に、ノート型パソコンやラップトップ型WSなど、より小型でより高性能な携帯型機器の出現を促している。このような現状にあって、OSIやTCP/IPなど、広く普及しつつある既存のネットワークプロトコルは非移動型のシステムを前提としている。そのため、これらのプロトコルの移動体通信のサポートに対する要求が高まりつつある。

OSIのルーティングドメインにおいては、CLNP(ConnectionLess-mode Network Protocol)^[3]上のES-ISプロトコル^[4]、イントラドメインIS-ISプロトコル^[5](以下では、IS-ISプロトコルと略記する。)による動的なルーティングが行なわれている。ES-ISプロトコルで、ES(End System)とIS(Intermediate System)が互いの存在を確認し、IS-ISプロトコルで、IS間の隣接関係の確認および完全なネットワークトポロジ情報の交換、作成とそれに基づいたルーティングが行なわれる。ルーティングドメインはエリアと呼ばれるサブドメインに分割される。IS-ISプロトコルでは、エリア内のルーティング(レベ

ル1ルーティング)とエリア間のルーティング(レベル2ルーティング)を分けて、独立性の高い二階層の体系でルーティングを行なうことにより効率化を図っている。

ESがエリア間移動する場合は、ネットワークアドレスが変化するため、ESを何で識別し、ESの情報をどのように交換するかが問題となる。筆者らは、文献[7]および文献[8]でこのような問題に対する解決策を提案した。

一方、ESがエリア内で移動する場合は、ネットワークアドレスが変化しないため、IS-ISプロトコルとES-ISプロトコルでサポートすることが可能である。しかし、次のような問題が存在する。

制御PDU量の問題 ESの数や移動回数が増えると、それにとまって交換されるLSPの数が急増する。ESの移動ごとに発行されるLSPは、エリア内全体に広められるためである。ESが頻繁に移動したり一時的に移動が集中したりすると、制御PDUによるトラヒックが増大し、ネットワーク資源の圧迫により、正常なデータ通信が行なえなくなる可能性がある。

移動情報伝達の即時性 LSPの最短転送時間間隔には制限があり、移動情報が即座に伝達されるとは限らない。そのため、あるISから送信されたLSPがエリア内のすべてのISに伝わるまでには、平均して

一定時間以上の遅延時間が見込まれる。ESがオンライン移動を行なった場合、移動情報がルーティングに反映されるまでの遅延時間が長ければ、一時的にループが生じたりNPDUが消失したりするために、上位層のコネクションが切れる可能性がある。そのため、移動情報をすばやく伝達する必要がある。

実際の移動型の機器の主な使用形態を考える場合、会社のフロア内で、居室や会議室など、場所を変えて業務を行ったり、大学のキャンパス内で学生が教室間を移動するなど、一つのエリア内の移動が頻繁に行なわれるというケースが多いと思われる。そこで、本稿では、上記の問題を解決し、エリア内で移動するシステムを効率よくサポートするためのプロトコルを提案する。

以下、2章でまず、プロトコルに求められる要件を挙げる。そして3章でプロトコルの基本動作、4章でその詳細を述べる。5章で本プロトコルで使用するPDUフォーマットについて述べる。6章では本プロトコルの評価を行ない、7章で関連研究との比較を行なう。最後に8章で本稿のまとめと今後の課題について論じる。

2 プロトコルの要件

1章で述べたエリア内移動の問題を解決するために、一般に重要と考えられる要件を以下に示す。

ルーティングの整合性 プロトコルの拡張あるいは新規のプロトコルの追加によって、ルーティングの整合性が失われてはならない。

データ通信の効率 制御PDU量を減らすためには、LSPの送信を抑制する必要がある。そのため、エリア内のISの中には完全なリンク状態情報を持たないものが存在することになる。このような場合、データPDUが必ずしも最短経路を通るとは限らない。制御PDU量だけでなくデータPDUの余分なルーティングによるトラヒックの増加も抑制すべきである。

ESの拡張不要性 ESは、通常のCLNPおよびES-ISプロトコルに則った動作以外に、何ら特別な動作を行なわない。例えば、ESからISに対して移動を通知する、などの動作は行なわない。ESの移動頻度、ネットワーク構成や使用形態などエリアごとの事情によって、もっとも効率のよいエリア内のプロトコルが変わる。そのような場合に、ESが移動先ごとに異なるプロトコルをすべて実装することは困難である。特に小型機器の場合は、プロトコルの負担が軽いことが望まれる。

既存ISとの混在可能性 移動体対応のプロトコルをサポートするISは、通常のISと混在し相互運用が可能である。移動体だけのエリアを考えるよりは、通常のホストが有線接続されたネットワークに、必要に応じて移動体を接続したいという要求の方が大きいと考えられる。

他のエリアからの独立性 移動体情報はエリア内で交換される。つまり、他のエリアからは通常のIS-ISプロトコルが動作するエリアとして見え、ISの拡張は必要としない。これにより、現状のOSIネットワークにおいて他のエリアに影響を及ぼさず、あるエリア内で移動体対応のプロトコルを採用することが可能となる。

以下では上記の要件を満たすことを重視した上で、1章で述べた「制御PDU量の問題」と「移動情報伝達の即時性」を改善するプロトコルを提案する。

3 プロトコルの基本動作

この章では、本稿で提案するプロトコルの基本動作を、例を用いて示す。

本プロトコルは、OSIのCLNP、ES-ISプロトコル、IS-ISプロトコルが動作する環境を前提とし、若干の拡張を行なっている。本プロトコルを実装するISをMIS (Mobile-support IS)、実装しないISをCIS (Conventional IS)と呼ぶ。またESが実際に隣接しているISをカレントNIS (Neighbour IS)、レベル1LSPでそのESとの隣接関係を報告しているISをデフォルトNISと呼び区別する。

ここで、図1で表されるルーティングドメイン内のエリアAでの本プロトコルの適用を考える。円はESを、一重四角はレベル1ISを、二重四角はレベル2ISを、それぞれ表している。一重の実線はレベル1回線、二重の実線はレベル2回線を表す。ISのうち斜線で塗りつぶされたものはMIS、それ以外はCISである。破線矢印はESの移動を示す。MISは、MIS通知を交換することによって、エリア内の他のどのISがMISであるかを知っている。

- (1) 移動体A10がMIS A6の隣接として立ち上がると、A6はA10のデフォルトNISとして、レベル1LSPでエリア内の他のISにA10が自局に隣接していることを知らせる。
- (2) A10が移動してA3の隣接となると、A3はA10のカレントNISとして、A10のデフォルトNISであるA6あてに移動通知を送る。A6はA10のカレントNISがA3であることを知り、その情報を保持す

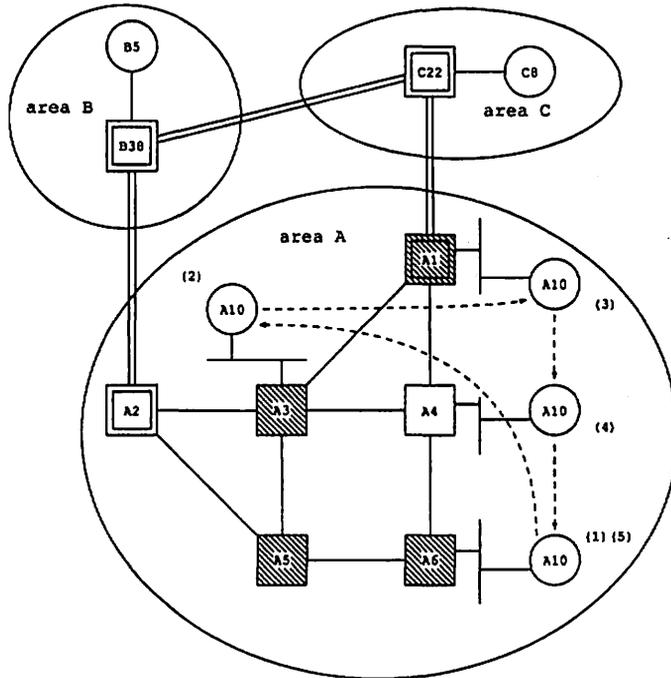


図 1: ルーティングドメイン

るとともに、移動通知に対する移動応答を A3 に返す。

この時、他のエリアにあるシステム B5 から A10 までの NPDU(Network PDU) が A2 に届いたとする。A2 は、レベル 1LSP で A10 を報告している A6 に対して、NPDU をフォワードする。この NPDU を受信した A6 は、NPDU を転送要求に変換して A3 にフォワードする。そして A3 において元の NPDU に戻された後、A10 に渡される。この際 NPDU が A2 → A5 → A6 → A5 → A3 の経路を通ると、A5 と A6 の間を往復することになる。A3 が A6 に対して送信した移動通知に含まれる情報を、A5 がキャッシングしていたとすれば、A2 が A6 に対してフォワードした NPDU が A5 に到達した時、A5 が A3 に対して転送要求を送信することができ、先ほどの A5, A6 間の無駄な通信がなくなる。

カレント NIS は、移動通知によりデフォルト NIS に A10 に関する情報を知らせるだけでなく、任意の NPDU に情報を付与して、他の MIS に知らせることができる。A10 が C8 に対して NPDU を送信する時に、A3 が「A10 のカレント NIS は自局である」という情報を付加した隣接情報通知に変換して送信すると、それを受信した A1 は、その情報をキャッシングすることが可能となる。この時 A10 までの NPDU を A1 が受信すると、A1 は A6 に送らずに、A3 対

の転送要求に変換することができる。このようにしてカレント NIS の情報はエリア内に広めることができ、それによって通信の効率を上げることが可能となる。

(3) さらに A10 が移動して A1 の隣接となった場合を考える。A1 は A6 に対して移動通知を送るが、この移動通知は A4 を経由し、A3, A5 を経由しないものとする。このとき A3 は A10 が自局に隣接していないことはわかるが、現在の MIS に隣接しているかはわからない。また A5 は、A10 は A3 に隣接しているというキャッシュを保持している。ここで B5 が A10 に対して NPDU を送信し、A2 に到達したとする。A2 は A6 に対してフォワードするがその途中で、A10 に関するキャッシュを保持している A5 が、A3 に対して転送要求をフォワードしてしまう。ところが A3 はすでに A10 が自局の隣接システムではなくなっているので、この転送要求をデフォルト NIS である A6 に対しての転送要求としてフォワードしなす。A5 は、A3 による転送要求を見て、自局のキャッシュの情報が古くなっていることを知る。そこで、A10 に関するエントリを更新し、A6 に対して転送要求をフォワードする。A6 は転送要求の先を、カレント NIS である A1 に書き換えてフォワードしなす。このようにキャッシュに古い情報が残っていても、適切な

新旧判断により正しくルーティングを行なうことができる。

(4) A10 がさらに移動して A4 の隣接になると、A4 は通常の IS-IS プロトコルにしたがってレベル 1LSP で A10 を報告する。この場合、それまでレベル 1LSP で A10 を報告していた A6 は、A10 が隣接でなくなったことをレベル 1LSP で報告し、A10 のデフォルト NIS としての動作をやめる。その後は、A10 への NPDUs は A4 にフォワードされることになる。

(5) A10 が再び A6 の隣接に戻った時は、A4 はレベル 1LSP で A10 が隣接でなくなったことを知らせる。A6 は A10 が前に隣接していた A4 が CIS であることを知っているため、A4 に対して移動通知を送ることはせず、A10 の隣接情報を含むレベル 1LSP を送信し、デフォルト NIS となる。

4 MIS の動作

この章では、MIS の動作について述べる。MIS は、ES に関して組 (NSAP、カレント NIS の NET (Network Entity Title)) で表される ES 情報を交換、保持する。以下では、ある ES にとって MIS がデフォルト NIS の場合、カレント NIS の場合、いずれでもない場合の三つの場合に分けて動作を記述する。デフォルト NIS でありしかもカレント NIS である場合は、デフォルト NIS の場合の動作に従う。

4.1 デフォルト NIS の場合

ES のデフォルト NIS は次のような動作を行なう。

1. 他の MIS からの移動通知を受信すると、即座に移動応答を送信元に返し、それに含まれる ES 情報を保持する。ES への NPDUs を受け取ると、ES が実際に隣接している場合はそのまま転送する。ES が実際に隣接しておらず ES 情報を保持している場合は、その ES 情報にしたがって、ES 情報と受信 NPDUs を含む転送要求を作成し、カレント NIS にフォワードする。ES 情報を保持していない場合は NPDUs を廃棄する。
2. ES が実際に隣接していない場合で、その ES が他の IS の隣接として報告されている時は、レベル 1LSP で ES が隣接でなくなったことを報告する。
3. 2の場合を除いて、ES が実際に隣接していない場合は、自局の都合によってレベル 1LSP で ES が隣接でなくなったことを報告してもよい。

4. ESH のホールディングタイマが切れ、しかも他の MIS からの移動通知が一定時間来ない場合は (エリア外へ移動したあるいはダウンしたと見なして)、レベル 1LSP を発行して隣接していないことを知らせる。

5. ES が移動して CIS の隣接となった時は、ES 情報を削除する。

隣接していないことを知らせるレベル 1LSP を発行することにより、デフォルト NIS ではなくなる。

4.2 カレント NIS の場合

カレント NIS は次のような動作を行なう。

1. ES 情報は保持しない。
2. デフォルト NIS への ES が隣接したことを知らせる移動通知を送る。デフォルト NIS から、送信した移動通知に対する移動応答が一定時間待っても返ってこない場合は再送を行なう。一定回数の再送を行なっても移動応答が返ってこない時は、その ES に隣接していること知らせるレベル 1LSP を発行し、デフォルト NIS となる。
3. 任意の NPDUs に、隣接している ES の情報を付加した隣接情報通知を作成し、送信してもよい。
4. MIS が先を自局へ書き換えて送信してきた転送要求から元の NPDUs を再構成して隣接 ES に転送する。
5. 他の MIS への転送要求を受信した場合は、転送要求から元の NPDUs を再構成して隣接 ES に転送する。また、デフォルト NIS へ転送される通常の NPDUs を受信した時も、隣接 ES に渡す。これらの動作をカレント NIS のインターセプトと呼ぶ。
6. デフォルト NIS がほかにいない、あるいはなくなった場合は、レベル 1LSP でその ES との隣接関係を報告し、デフォルト NIS となる。
7. 6以外の場合でも、自局の都合でデフォルト NIS になってよい。

4.3 デフォルト NIS でもカレント NIS でもない場合

デフォルト NIS でもカレント NIS でもない MIS は次のような動作を行なう。

1. 自局あての転送要求を受信した時は、デフォルト NIS あての転送要求に書き換えて送信する。
2. 他の MIS が出す ES 情報をキャッシングしてもよい。またその情報に基づき、NPDU から転送要求を作成しフォーワーディングしてもよい。ただしキャッシングするのは、該当する ES 情報を保持していない時、あるいは、次の新旧判断条件にしたがって、受信した ES 情報が、自局の保持する情報より新しいと判断できる時に限る。

新旧判断条件 次のいずれかの場合に、キャッシュ ES 情報よりも受信した ES 情報の方が新しいと考える。

- (a) 受信した PDU が、移動通知、移動応答、隣接情報通知のいずれかである。
 - (b) 受信した PDU が、転送要求であり、送信元がデフォルト NIS である。
 - (c) 受信した PDU が、転送要求であり、送信元が自局の保持するキャッシュ ES 情報のカレント NIS に一致する。
3. 1, 2のいずれでもない時は、転送要求の情報に従ってフォワードする。キャッシングは行わない。
 4. 自局の都合でキャッシュ ES 情報を削除してよい。
 5. ES が移動して CIS の隣接となった時は、キャッシュ ES 情報を削除する。

前述のような新旧判断条件を導入したのは、次のような理由による。MIS 間で交換される制御 PDU はタイムスタンプやシーケンス番号など新旧を判断するための情報を含んでいない。タイムスタンプを用いるためにはエリア内の IS の時計を合わせる必要があり、現状ではこのような規格はない。また、ES には特別な動作を強要しないという前提条件があるため、シーケンス番号を付与するとすれば IS が行なわねばならないが、適切な番号を付与するのは難しい。

キャッシュ情報の削除について、文献 [8] では、広域移動における移動通知に寿命値パラメータを付与し、これによって IS が ES 情報を保持すべき時間を判断できるようにした。しかし、本プロトコルでは寿命値を用いないため、削除するタイミングも各 IS の判断にまかせ、IS は適宜 ES 情報を削除してもよいとしている。例えば、一定時間アクセスがなかった場合や、ES 情報の数が増えてきた時などは、削除し

てよい。古い情報が残っていてもループが生じることなく、あて先 ES へ NPDU を配送することができる。

5 PDU フォーマット

本プロトコルは、IS-IS プロトコルのレベル 1LSP のオプションフィールドならびに、ISO 8473 NPDU のオプションフィールドを用いて情報を交換する。以下のフォーマットテーブルにおいて、IS の NET と ES の NSAP はそれぞれアドレス長とアドレスの組を含む。

移動通知 カレント NIS がデフォルト NIS に、ES が隣接したことを知らせるのに使用する。あて先アドレスにはデフォルト NIS の NET を、送信元アドレスには自局の NET を設定する。オプション部には ES 情報を設定する。

8473 DT, ER-NPDU

アドレス部	あて先アドレス	デフォルト NIS NET	
		送信元アドレス	カレント NIS NET
オプション部	パラメタコード	<i>MigrationNotifyCode</i>	
	パラメタ長	可変	
	パラメタ値		IS NET
			隣接 ES NSAP
			⋮
		隣接 ES NSAP	
データ部	なし		

移動応答 移動通知を受信したデフォルト NIS がカレント NIS に ack を返すのに用いる。パラメタ値には移動通知に含まれていた値をそのまま設定する。

8473 DT, ER-NPDU

アドレス部	あて先アドレス	カレント NIS NET	
		送信元アドレス	デフォルト NIS NET
オプション部	パラメタコード	<i>MigrationAckCode</i>	
	パラメタ長	可変	
	パラメタ値		IS NET
			隣接 ES NSAP
			⋮
		隣接 ES NSAP	
データ部	なし		

転送要求 MIS が NPDU を他の MIS にフォワードするのに使用する。あて先アドレスにはあて先 MIS の NET を、送信元アドレスには自局の NET を設定する。実際のあて先アドレスと送信元アドレスはオプションフィールドに設定する。

8473 DT, ER-NPDU

アドレス部	あて先アドレス	あて先 MIS NET
	送信元アドレス	MIS NET
オプション部	パラメタコード	ForwardReqCode
	パラメタ長	可変
	パラメタ値	宛あて先アドレス
実送信元アドレス		
データ部	あり	

隣接情報通知 カレント NIS が隣接 ES 情報をエリア内の他の MIS に知らせるために使用する。ES が送信する NPDU のオプションフィールドに、自局の NET と隣接している ES の NSAP アドレスの組を付加して送信する。隣接情報通知を付与する MIS はいつでもこの機能を停止できることが望ましい。隣接情報通知を受信した時は、同じエリア内の IS が送信したものの可否かの確認が必要である。

8473 DT, ER-NPDU

アドレス部	あて先アドレス	宛あて先アドレス	
	送信元アドレス	実送信元アドレス	
オプション部	パラメタコード	NeighbourInfoCode	
	パラメタ長	可変	
	パラメタ値	IS NET	
		隣接 ES NSAP	
		⋮	
隣接 ES NSAP			
データ部	あり		

MIS 通知 レベル 1LSP のオプションフィールドで自局が MIS であることを通知する。

レベル 1 LSP

オプション部	パラメタコード	MISInfoCode
	パラメタ長	1
	パラメタ値	MISType

6 評価

制御トラヒックとデータトラヒック 本プロトコルと IS-IS プロトコルのトラヒック量の比較を行なう。エリア内の IS の集合を I 、レベル 1 回線数を C とする。 $i_1, i_2 \in I$ 間の距離を $d(i_1, i_2)$ 、平均 IS 間距離

$$H = \sum_{i_1 \in I} \sum_{i_2 \in I} d(i_1, i_2) / |I|^2$$

とおく。通信トラヒック、移動をエリア内に限定し、各々、平均値 λ 、 μ の指数分布、通信の送信先、移動先はランダムとする。伝播遅延や LSP 送信のタイムインタバルは考慮せず、制御情報は即座に伝わるものと仮定する。このとき、本プロトコル、および通常の IS-IS プロトコルを用いた場合に、一回のデータ通信に伴う PDU ホップ数、ならびに一回の移動に伴う制

	IS-IS プロトコル	本プロトコル
移動時	$2C$	$2H$
通信時	$H + 2$	$2H + 2$

表 1: PDU ホップ数比較

御 PDU ホップ数の平均値は表 1 で表される。ただし、表 1 の本プロトコルによる通信時の値においては、キャッシングおよびインターセプトの効果を考慮していない。この表から、制御 PDU に関しては本手法の方が、データ PDU に関しては IS-IS プロトコルの方が効率がよいことがわかる。特に、 C の値が増えるほど、つまり通信路の多重度を上げるほど、 H の値は一般に小さくなり、制御 PDU 量に関しては、IS-IS プロトコルに対する本プロトコルの優位性が増すことになる。また、データ PDU 量に関しては IS-IS プロトコルと本プロトコルの差は少なくなる。キャッシングおよびインターセプトの効果により、この差は実際にはさらに少なくなると考えられる。ただし、これらの効果はネットワークポロジヤルルート選択に関わるため、簡単な式では表しにくい。

そこで、キャッシングおよびインターセプトの効果を含めた評価を行なうために、シミュレーションを行なった。図 2 は、ES の単位時間当たりの通信量 λ を一定値 1 (PDU/s) とし、移動頻度 μ を変えてデータ PDU によるトラヒックと、制御 PDU によるトラヒックの比較を行なったものである。ネットワークの構成は図 1 に基づいている。ただし、本プロトコルのシミュレーションにおいてすべての IS は MIS とした。また、ES の数は 10 とした。図中の \circ は IS-IS プロトコルを用いた場合のデータトラヒック、 \square は本プロトコルを用いた場合のデータトラヒックを表している。 \triangleleft は IS-IS プロトコルを用いた場合の制御トラヒック、 \bullet は本プロトコルを用いた場合の制御トラヒックを表している。IS-IS プロトコルを用いた場合のデータトラヒックと制御トラヒック、本プロトコルを用いた場合の制御トラヒックに関して、前述の平均値を用いて計算される値とよく一致していることがわかる。また、本プロトコルを用いた場合のデータトラヒックに関しては、前述の値と比べて有効に低減されていることがわかる。これは、キャッシングおよびインターセプトの効果である。制御トラヒックとデータトラヒックを合計して比較すると、ほとんど移動がない場合においても、本プロトコルは IS-IS プロトコルと大差なく、移動頻度が高くなるほど、優位性が高くなる。トータルでの PDU 量の増加が緩やかであることは、実際の運用形態で考えら

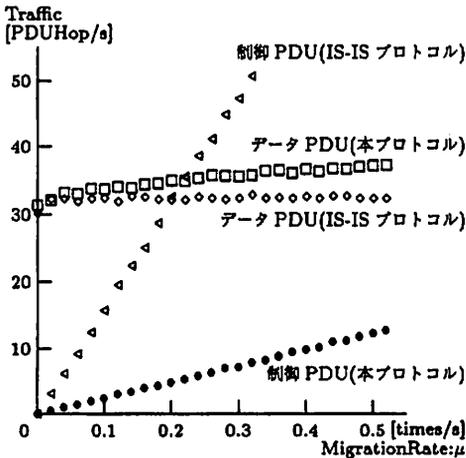


図 2: シミュレーション結果

れる一時的な移動の集中に対しても強いことを意味する。

以上のように本プロトコルでは、制御 PDU 量を大幅に低減しつつ、キャッシング手法を用いることにより、データ通信時のトラフィック増加を抑えられることが確かめられた。

移動情報伝達の即時性 1章で述べたように、IS-IS プロトコルでは、エリア内全体に LSP が広められるまでに、ある程度の遅延時間が見込まれる。しかし、本プロトコルでは、NPDU を用いて、カレント NIS とデフォルト NIS 間で、移動通知とそれに対する移動応答が交換されるだけであり、遅延時間は十分小さいものと考えられる。

ルーティングの整合性 本プロトコルで使用する ES 情報の新旧判断ルールは、二つの情報の新旧を必ず決定するものではないが、フォワーディングのループが生じないことを容易に示すことができる。

ES の拡張不要性 ES の情報はすべて IS が生成するため、ES は一切特別な動作を行わなくてもよい。

既存 IS との混在可能性 5章で追加した NPDU のオプションフィールドを無視する IS との混在が可能である。

他のエリアからの独立性 情報はエリア内においてのみ交換されるため、他のエリアとは独立である。隣接情報通知はエリア外に出ていく可能性があるが、中継する IS およびあて先 ES が 5章で追加した NPDU のオプションフィールドを無視するならば影響はない。また、エリア境界において NPDU のオプション

フィールドをはずすか、あるいは、隣接情報通知機能を停止することによって、他エリアへの影響をまったくなくすることができる。隣接情報通知機能はルーティング効率を上げるために使用するものであって、この機能がなくても本プロトコルにおける移動体通信は可能である。

7 他研究との比較

移動体をサポートするためのプロトコルとして、いくつかの提案がなされている。それらの中で使用されている基本的な手法としては次のものがある。

ネームサーバ法 移動体を管理するネームサーバにアドレスを問い合わせる。

デフォルト法 デフォルトとなるアドレスを持ち、そのアドレスが存在するネットワークに移動体情報を保持するシステムが存在する。デフォルトアドレスあてに送信すれば、実際の所在にかかわらず通信が可能である。

追跡法 移動のたびに移動前の場所に新しい情報を送る。

ブロードキャスト通知法 移動体情報をブロードキャストして他のシステムに知らせる。

ブロードキャスト問合せ法 データ送信、あるいは中継時にブロードキャスト問合せを行なって移動体情報を得る。

キャッシング法 移動体情報をドメイン内に伝播し、他のシステムがそれをキャッシングすることにより、ルーティング効率をあげる。無効なキャッシュエントリによってループが生じないようにする必要があり、いかに効率良く消すかが問題となる。

文献 [6] は、デフォルト法とキャッシング法を組み合わせたプロトコルを提案している。無効なキャッシングエントリの消去にはブロードキャスト型の消去パケットが使用される。移動体自身がデフォルトのネットワークへ移動通知を送信する。文献 [2] は、追跡法、ブロードキャスト問合せ、キャッシングを組み合わせた方法を提案している。ES が移動してなくなった時は、IS は適当な契機にキャッシュエントリを消去できるが、その後で通信要求が発生した場合はブロードキャスト問合せを行わねばならない。また ES の移動に関与しておらず、アドレスを知らない IS はブロードキャスト問合せを使用する。文献 [9] は、ネームサーバ法と追跡法を用いる。一時

的な移動の場合は追跡法を用い、長期的な移動の場合はネームサーバを使用する。この場合の追跡法は、ESが通過したネットワークのすべてのISがES情報を保持し続ける必要があり、システムの負荷が大きくなる。文献[10]は、文献[9]を改良したものであり、ネームサーバ法の代わりにデフォルト法が導入されている。文献[1]で提案されているプロトコルは、ドメイン間移動に対してはディレクトリを用いるためネームサーバ法とみなせる。ドメイン内移動に対してはブロードキャスト通知法である。文献[8]で筆者らの提案するプロトコルは、デフォルト法、追跡法とキャッシング法を組み合わせたものである。キャッシングエントリは明示的には消去せず、シーケンス番号と寿命値を用いて効率的に暗黙消去される。

ネームサーバの存在を仮定すればプロトコルが簡単になるが、サーバのシステムダウンにより通信が行なえなくなる点や、問合せを行なうため制御PDU量が増加する点に問題がある。

追跡手法は、移動体自身が移動前の場所に情報を送るか、移動後の隣接ISに移動前の場所を知らせる必要があり、2章で述べた要件を満たさないため、エリア内ルーティングにおいて使用することには問題がある。

ブロードキャスト通知は移動が非常に少ない場合、ブロードキャスト問合せは通信が非常に少ない場合に各々有効であると思われるが、移動と通信がある程度頻繁である場合には向かない。特に、文献[1]の手法は、すべてのレベル2ISはルーティングドメイン内のすべての移動体のエントリを管理することになり、ルーティングドメイン内で扱える移動体の数に対する強い制限となる。

本プロトコルは、デフォルト法とキャッシング法を組み合わせた方法である。キャッシュエントリの作成および更新は独自の新旧判断条件を用いて行ない、消去はISが適当な契機に行なうがループが生じることはない。また移動体自身が移動を通知する必要がない。このようにして、2章で述べた要件を満たし、しかも、効率を上げている。

8 おわりに

OSI ネットワーク環境下で、移動体を効率よくサポートするプロトコルを提案した。カレントNISとデフォルトNISという概念を導入することで、「制御PDU量の問題」と「移動情報伝達の即時性」を改善できることを示した。特に、ESを拡張する必要がなく、エリア内で既存のOSIネットワーク機器との混在が容易であり、OSIネットワークにおいて他

のエリアに影響を及ぼさないような運用が可能であるという点において有用と思われる。また、広域移動体サポートのためのプロトコル^[8]とも併用できる。

今後は、実機上に実装を行なった上で、評価を行なう必要がある。また、実際の運用において本プロトコルの有効性を検証する必要がある。

謝辞

本研究の機会を与えて下さったシャープ(株)技術本部大崎幹雄所長、千葉徹部長、山口則正主任研究員、小淵保司主任研究員に感謝致します。

参考文献

- [1] Carlberg, K.G. : A Routing Architecture That Supports Mobile End Systems, MILCOM, 1992.
- [2] Ioannidis, J., Duchamp, D. and Maguire Jr., G.Q. : IP-based Protocols for Mobile Internetworking, Proc. ACM-SIGCOMM, 1991.
- [3] ISO 8473, Information processing systems - Data communications - Protocol for providing the connectionless-mode network service, 1988.
- [4] ISO 9542, Information processing systems - Telecommunications and information exchange between systems - End system to Intermediate system Routing exchange protocol for use in conjunction with the protocol for providing the connectionless-mode network service(ISO 8473), 1988.
- [5] ISO/IEC 10589, Draft 1991-11-22 - Information technology - Telecommunications and Information exchange between systems - Intermediate system to Intermediate system Intra-Domain routing information exchange protocol for use in conjunction with the Protocol for providing the Connectionless-mode Network Service(ISO 8473), 1991.
- [6] Teraoka, F., Yokote, Y. and Tokoro, M. : A Network Architecture Providing Host Migration Transparency, Proc. ACM-SIGCOMM, 1991.
- [7] 塚本昌彦, 田中理恵子: アフォルトアドレスと寿命値パラメータを用いた広域移動体通信のためのルーティングプロトコル, 情報研報 DPS58-3, 1992.
- [8] 塚本昌彦, 田中理恵子: OSI ネットワーク環境における広域移動体通信, Technical Report SHARP-ITRL-93004, 1993.
- [9] 和田浩美, 與澤卓, 大西達也, 田中康宜: パケット転送に基づく移動透過通信方式, 信学技報 IN92-58, 1992.
- [10] Wada, H., Yozawa, T., Ohnishi, T. and Tanaka, Y.: Mobile Computing Environment Based on Internet Packet Forwarding, Proc. Winter USENIX, 1993.