

## OSI ネットワークにおける移動体対応プロトコル

田中 理恵子<sup>†</sup> 塚本 昌彦<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> シャープ株式会社 技術本部 ソフトウェア研究所

<sup>‡</sup> シャープ株式会社 技術本部 情報技術研究所

### 概要

OSI の階層的なネットワーク体系では、エンドシステムの移動をエリア間移動とエリア内移動に分けてとらえることができる。エリア間移動では、ネットワークアドレスの変化が生じるため、システムの識別と現在所在地へのパケットのフォワードのための枠組が必要となる。エリア内移動ではアドレスが変化せず、OSI のルーティングプロトコルである ES-IS, IS-IS を使用してエンドシステムの移動をサポートすることが可能ではあるが、移動のたびに所在地の変更を示すパケットが交換され効率が悪い。本稿では、このような OSI ネットワーク環境において移動体を効率良くサポートする手法について論ずる。

## Routing Protocols for Mobile End Systems in OSI Networks

Rieko TANAKA<sup>†</sup> Masahiko TSUKAMOTO<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Software Research Laboratories

<sup>‡</sup> Information Technology Research Laboratories

SHARP Corporation

{rieko, tuka}@shpcsl.sharp.co.jp

### Abstract

In OSI network architecture, two levels of end system migration should be supported; *inter-area* migration and *intra-area* migration. Since end systems have to change their network addresses in inter-area migration, one of the major task of protocols to support inter-area migration is to derive the current network address from the system identifier of each mobile. In intra-area migration, there exists another problem which ES-IS and IS-IS protocol cannot manage, i.e., traffic increase caused by exchanged packets on every migration. In this paper, we propose protocols for each of these migration in OSI network environment.

## 1 はじめに

計算機の小型化、携帯化とネットワーク利用の普及によって、端末の移動を考慮したネットワーキング、いわゆる移動体通信に対する要求が高まりつつある。移動透過な計算機環境をアプリケーションおよびユーザに提供するためには、ネットワーク層のレベルで移動体を取り扱う必要があり、いくつかのIPネットワークでの移動体対応プロトコルが提案されている。また、それらをベースとして標準化が進められている。

OSIでは、システムのネットワークアドレスは、エリアに割り当てられるエリアアドレスとシステムIDから構成されるため、エリア間にまたがる移動はアドレスの変化を伴う。そのため、システム識別と現在所在地へのパケットのフォワードのための新しい枠組が必要となる。また、エリア内の移動ではアドレスが変わらず、OSIの既存ルーティングプロトコルを使用して移動体のサポートが可能ではあるが、移動にともなう多数のパケットが交換され効率が悪い。このように、OSIのネットワークモデルにおいては、これまで、エンドシステムの移動はあまり考慮されてこなかった。また、IPネットワークとはアドレス体系が異なるため、IPネットワークでの移動体対応のプロトコルをそのまま適用することができない。

そこで、本稿ではこのようなOSIネットワーク環境において移動体を効率良くサポートするためのプロトコルを示す。移動体対応の問題をエリア間とエリア内に分け、各々独立性の高いプロトコルを適用することにより、効率を高めることをねらいとする。

まず、2章では、OSIのネットワーク体系について概観する。次に3章で、移動体対応プロトコルを分類する。そして、4章でエリア間移動について、5章でエリア内移動について、それぞれ論じる。6章で関連研究に触れたのち、7章でまとめを述べる。

## 2 OSIのネットワーク体系

OSI環境で、コネクションレス型サービスを提供するネットワーク層プロトコルは、**CLNP (Connection-Less-mode Network Protocol)** [2]である。CLNPでは、データ、エラー、エコー要求、エコー応答の4種類のPDU (Protocol Data Unit)が規定されている。ネットワーク層でやりとりされるPDUをNPDU (Network PDU)と呼ぶ。各NPDUは、あ

て先アドレス、送信元アドレス、オプションフィールドなどのフィールドを含む。オプションフィールドにはQOS、ソースルーティング、ルート記録などの付加情報が格納できる。

エンドシステム(ES)とは、トランスポート層以上の層を有するシステムのことで、おもにNPDUを送受信する主体となるシステムのことをいう。中間システム(IS)とはNPDUを中継するシステムであるが、NPDUの送受信を行なうこともある。リンクとは、ESとIS、もしくはISとISをつなぐ物理的媒体のことを指す。リンク上では適切なデータリンクプロトコルが使用できるものと仮定する。

エリアとは、ESおよびISの集合である。エリアにはユニークなアドレスが付与されており、これをエリアアドレスと呼ぶ。エリア内でISは互いにリンクを介して連結されている。ESは一つ以上のISにリンクを介して連結されている。エリアが集まってドメインを構成する。

ES、ISにはエリア内でユニークな識別子が与えられており、これをシステム識別子と呼ぶ。ESおよびISのアドレスはエリアアドレスとシステム識別子の組で表される。レベル1 ISとは、エリア内の情報として、ISの接続形態とESの存在および居場所を交換し合い、エリア内あてのNPDUのルーティングを行なう機能を持つISのことである。これに対し、レベル2 ISとは、エリア間の情報として、ISの接続形態と各々のエリアアドレスを交換し合い、異なるエリアあてのNPDUの目的エリアまでのルーティングを行なう機能を持つISのことである。レベル2 IS間のリンクがつくグラフは強連結であるものとする。

ES-ISプロトコル [3, 6]は、ESとISが、保持タイムを付与したハローパケットを定期的に出すことにより、互いの存在を確認するプロトコルである。ESおよびISは互いの存在が確認できるとき、隣接関係にあるという。ESの送信するハローパケットをESハロー(ESH)、ISの送信するハローパケットをISハロー(ISH)と呼ぶ。ESは、アドレス要求(RA)パケットを送信することにより、一時的に使用するアドレス(一時アドレス)をISに要求することができる。ISはアドレス割り当て(AA)パケットでESに一時アドレスを割り振ることができる。AAパケットには、アドレスの使用有効期限を示すアドレスホールディングタイムパラメータが含まれる。

IS-ISプロトコル [4]は、IS間でIS-ISハロー(IIH)と呼ばれるパケットを出し合い隣接関係を確認し、ES-

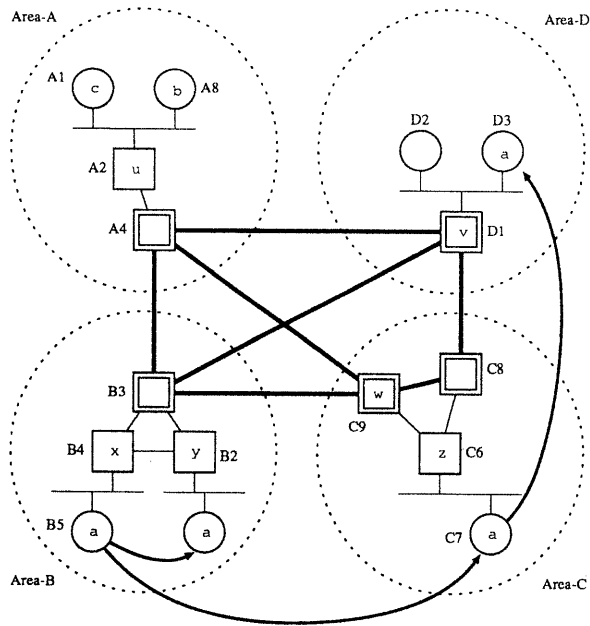


図 1: ドメインの例

IS プロトコルで得た隣接 ES 情報とともに他の IS と接続形態の情報を交換し合い、得られた完全マップをもとにルーティングを行なうための仕組みである。レベル 1, レベル 2 の二階層構成とすることにより効率を高めている。リンク状態 PDU (LSP) とは、IS 間で定期的および情報内容の変更時に情報を交換し合うためのデータ単位のことである。レベル 1 LSP, レベル 2 LSP がある。LSP に ES および IS のネットワークアドレス (あるいはその ID 部) を含めて送信することを、隣接関係を報告するという。図 1 はドメインの一例である。図において、小さな丸は ES、一重四角はレベル 1 IS、二重四角はレベル 2 IS を表す。実線はシステム間のリンクを表す。細線はレベル 1 回線、太線はレベル 2 回線を表す。複数のシステムを囲む大きな破線による丸は一つのエリアを示す。矢印は ES の移動を表す。

### 3 移動体対応プロトコルの分類

2章で述べたように、OSI におけるアドレス体系では、ネットワークアドレスがエリアアドレスとシステム識別子から構成されるため、エリアを越えて移動す

る場合は ES のアドレスが変化する。しかし、エリア内を移動する場合は、アドレスが変化しない。そこで、アドレスが変化する移動をエリア間移動、変化しない移動をエリア内移動と呼び区別する。

エリア間移動では、ネットワークアドレスが変化するため、移動透過な識別子を上位層に提供する必要がある。その識別子と現在の所在地との対応付けをどのように解決するかが問題となる。

エリア内移動は、基本的には、既存の ES-IS, IS-IS プロトコルでも対応が可能であるが、移動のたびに LSP がブロードキャストされるため、効率が悪いという問題がある。

以下では、それぞれの問題を別の問題としてとらえ、各々別のプロトコルを用いて解決を試みる。つまり、エリア間移動とエリア内移動に対して、独立なプロトコルを提供し、これらの階層的な使用による問題の切り分けと効率を高めることを考えている。これらのプロトコルはいずれも既存の OSI システムとの相互動作も考慮している。

## 4 エリア間移動

エリア間移動のためのプロトコル [11] は、エリア間かつドメイン内の移動を想定するものである。IDRP[7]を採用している場合で、ポリシー上の都合で情報が送信できなかったり、フォワードができなかったりする場合を除いて、ドメイン間の移動にも対応可能である。

移動体は、デフォルトアドレスとカレントアドレスを持つ。デフォルトアドレスは移動体の識別のために用いる。カレントアドレスはルーティングに使用し、エリア間移動のたびに変更される。

移動体は、デフォルトアドレスが存在するエリア内のISに、デフォルトアドレスを登録しておく必要がある。このISをAIS(Administrative IS)と呼ぶ。また、エリア間移動のたびにカレントアドレスをAISに通知する。移動体あてのNPDUは、いったんデフォルトアドレスあてにフォワードされた後、AISによってカレントアドレスにフォワードされる。しかし、送信元ESや途中のISが、カレントアドレスをキャッシュ [10] している場合は、キャッシュ情報にしたがってあて先が書き換えられ、効率良いルーティングが可能となる。ある時点における移動体の隣接ISをCNIS(Current Neighbor IS)、移動体がエリア間移動を行なったときの、移動前のCNISをPNIS(Previous Neighbor IS)と呼ぶ。

移動体のデフォルトアドレスとカレントアドレスの対を、他のシステムに知らせるために、次のパラメタからなる**移動体情報**を交換する。

デフォルトアドレス (DA) — 移動体のデフォルトアドレスを表す。

カレントアドレス (CA) — 移動体のカレントアドレスを表す。

寿命値 ( $t$ ) — 情報が有効である期間を表す。

シーケンス番号 ( $n$ ) — 情報の新旧を判断するために使用する。

移動体情報は、NPDUのアドレスフィールドおよびオプションフィールドを用いて運ばれる。移動体は、移動すると、移動体情報をデフォルトアドレスと移動前のカレントアドレスあてに送信する。この移動体情報はそれぞれAISとPNISが受信し、保持する。単位時間ごとに、寿命値を1ずつ減らし、0になると廃棄する。

デフォルトアドレスあてには、寿命値が切れない間隔で移動体情報を送る必要があるが、移動前のカレン

トアドレスには、一度だけ送ればよい。それは次のような理由による。ドメイン内のどこかのISに古い情報が残っており、それに基づいてNPDUがPNISにフォワードされることがある。しかし、その古い情報の寿命値が切れると、PNISへフォワードされることはなくなるので、その時間だけ、PNISがCNISへフォワードする役割を果たせばよい。このように、寿命値を適切に設定することにより、古いキャッシュエントリがネットワークに残っていたとしても、他のESと通信を行なうことができる。このような手法を用いることにより、古いキャッシュエントリを消去するために制御PDUを伝搬する必要がなくなる。

さらに、IS-ISプロトコルとの連携の際にも、寿命値は重要な役割を果たす。寿命値によって、PNISは、移動体との隣接関係をいつまで報告すればよいかかわかる。適当な契機に隣接関係の報告をやめると、古いアドレスあてにフォワードされてきたNPDUがエリア入口で、あて先到達不可エラーとして廃棄されてしまう。

また、寿命値の使用には、移動先で割り当てられた一時アドレスの使用期限を明示的にネットワークに広めることができるという利点もある。

## 5 エリア内移動

エリア間移動に対応するプロトコルと違って、エリア内移動に対応するプロトコルでは、ESが移動を行なっても自ら移動通知を送るなどの動作を行なわないという、ESの拡張不要性を重視する。これは、ES側の負担を軽減するためのものであるが、特に、エリア内のプロトコルを、移動体の数や移動頻度などの運用上の諸条件によって、エリア毎に異なったものを採用する場合に、ES側はプロトコルを切替える必要がないため有効である。

### 5.1 DFP

DFP(デフォルトフォワーディングプロトコル)[8, 9]は、効率とスケーラビリティを考慮したエリア内移動体対応プロトコルである。エリア間移動プロトコルにおけるデフォルトアドレスとカレントアドレスに対応する枠組を導入する。移動体との隣接関係を報告しているISをデフォルト隣接IS、移動体が実際に隣接しているISをカレント隣接ISと呼ぶ。移動体が新たに隣接したことを検出したISは、その移動体のデフォルト隣接ISあてに移動通知を送る。デフォルト隣接ISは、この移動通知によって、移動体が現在隣接している

ISを知ることができる。移動体あてのPDUはいったんデフォルト隣接ISあてにフォワードされたのち、カレント隣接ISへフォワードされる。

データ転送の効率をあげるために、ISはキャッシングを行なう。カレント隣接ISがデフォルト隣接ISへ送る移動通知の他に、データPDUのオプションフィールドにも、カレント隣接IS情報を設定でき、これを学習することによって、無駄なフォワーディングを避けることができる。キャッシュは適切に更新する必要があるが、移動体情報は前述のように、ESではなくISが送信するために、適切なシーケンス番号や寿命値を割り当てるのが困難である。そのため、情報の新旧判断を適切に行なうために次のようなルールを新たに導入し、部分的に比較を行なうようにしている。

**新旧判断条件** 次のいずれかの場合に、キャッシュよりも受信したPDUに含まれる情報の方が新しいと判断でき、キャッシュを更新する。

1. PDUの送信元がデフォルト隣接ISまたはカレント隣接ISである。
2. PDUの送信元が、自局の保持するキャッシュのカレント隣接ISと一致する。

このような方法でもループが生じず、しかも効率があがるのが、文献[9]で示されている。

## 5.2 エリア内プロトコルの使い分け

エリア内移動のためのプロトコルとしてDFP以外のものも考えられ、エリアの特性によってエリアごとにさまざまな方式が選択できる。文献[12]ではこれらの手法の効率の比較を行なっている。

1. IS-ISプロトコル(レベル1)。  
移動が少ない場合に有利である。
2. ブロードキャスト問い合わせ法。  
中継時にエリア内の他のすべてのISに移動体の位置情報を問い合わせる。移動時には情報を送信しないため、高頻度の移動に強い。
3. デフォルト問い合わせ法。  
DFPと同様、移動体をデフォルト隣接IS/カレント隣接ISの組で管理する。ISが中継時に、デフォルト隣接ISに対してカレント隣接ISを問い合わせる。無駄なフォワーディングをしないた

め、長データPDUを多く使う場合にDFPよりバンド巾の使用効率が良い。

## 4. DFP.

移動と通信がある程度頻繁な場合に有効である。

IS-ISプロトコルならびにブロードキャスト問い合わせ法は、それぞれ、移動時あるいはNPDUフォワーディング時に制御PDUをブロードキャストする。IS間のリンクの多重度を上げると、ブロードキャストにかかるコストも上がることになる。そのため、データ通信にかかるコストとのトータルなコストでみた場合、移動が極端に少ないかまたは多いかのどちらかの場合に有効となる。

これに対し、デフォルト隣接ISとカレント隣接ISとの間でのみ移動体情報を交換するデフォルト問い合わせ法とDFPは、移動頻度からみて一般的な利用状況において有効である。

## 6 関連研究

OSI環境での移動体対応プロトコルとしては、Carlberg [1]が提案するものがある。この手法において、移動体は論理アドレスとルーティングアドレスを有する。ルーティングアドレスはサブネットワークが変わるごとに変わる。移動体の識別は論理アドレスで行なう。

**エリア内移動** エリア内のレベル1IS間で隣接ES情報を交換する。レベル1LSPに隣接する移動体の論理アドレスとルーティングアドレスを設定するためのフィールドを追加する。移動体あてのNPDUのあて先は論理アドレスとするが、エリア内でのフォワードはルーティングアドレスにしたがって行なう。移動毎にLSPがエリア内にブロードキャストされるが、ルートの再計算やフォワーディングデータベースの変更は必要ない。

**エリア間ドメイン内移動** レベル2ISが他のレベル2ISにエリア内に存在する移動体の論理アドレスを知らせる。エリア内に存在するすべての移動体の論理アドレスはレベル1LSPの情報からわかるので、レベル2ISはそれをレベル2LSPに設定してドメイン内の他のISに広める。個々のレベル2ISはドメイン内のすべての移動体の論理アドレスを保持することになる。NPDUのフォワードは、NPDUのあて先が保持する論理アドレスの一つに一致する場合はそのLSPを生成し

たレベル 2IS の存在するエリアにフォワードされ、それ以外の場合は、NPDU のあて先アドレスにしたがってフォワードされる。

ドメイン間移動 ディレクトリ [5] を使用して移動体のドメイン情報を知る。移動時にドメイン情報をディレクトリに登録する。

NPDU のフォワードの際、そのあて先が保持する論理アドレスに一致するものがなく、しかもドメイン内のアドレスではない場合は、ドメイン外へフォワードされる。境界 IS においては、ディレクトリに問い合わせ、得られた結果あてに NPDU をカプセル化する。

しかしこの手法では、移動体の移動毎に LSP が広められ、さらにレベル 2 IS はドメイン内のすべての移動体のエントリを保持しなければならない、大規模なネットワークには向かない。また、DA 回線 (課金網などを動的に接続して使用する場合は LSP が流れないため、ドメインを分けなければならないという運用上の制約もある。さらに、ディレクトリサーバの応答が高速でないとドメイン間のオンライン移動は不可能である。本稿で示した手法はこれらの問題点を効率的に解決している。

## 7 おわりに

本稿では OSI ネットワークにおいて移動体をサポートするためのプロトコルについて述べた。OSI の階層的なルーティング体系の効率の良さを損なわないようにするため、エリア間とエリア内の移動に対して別々のプロトコルを用意した。またエリア内移動に対しては特性の異なる複数の手法を用意し、ネットワークポロジやエンドシステムの移動頻度などの条件によって、使い分けが可能である点についても述べた。各々のプロトコルの独立性を重視したため、柔軟で効率的な運用が可能となる。今後は、各プロトコルの使い分けを動的に行う方式と、使い分けのためのより具体的な指針を示す必要がある。

## 謝辞

本研究をまとめるにあたり、熱心に討論頂いた WIDE プロジェクトの皆様へ深く感謝致します。本研究の機会を与えてくださったシャープ(株)技術本部河田亨取締役、小松副所長、大崎幹雄所長、千葉徹部長に感謝致

します。また日頃御指導頂く、大阪大学西尾章治郎教授に心より感謝いたします。

## 参考文献

- [1] Carlberg, K. G. : A Routing Architecture That Supports Mobile End Systems, *Proc. MILCOM* (1992).
- [2] ISO / IEC : DIS 8473 Information Processing Systems - Data Communications - Protocol for Providing the Connectionless-mode Network Service (1993).
- [3] 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).
- [4] ISO : 10589 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) (1992).
- [5] ISO / IEC : 9594-1 Information Technology - Open Systems Interconnection - The Directory - Part 1 : Overview of Concepts, Models, and Service (1990).
- [6] ISO / IEC JTC 1 / SC 6 : N 7513 : 9542 / PDAM 1 - 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 - Amendment 1 : Dynamic Discovery of OSI NSAP Address by End Systems (1992).
- [7] ISO / IEC : DIS 10747 - Information Processing Systems - Telecommunications and Information Exchange between Systems - Protocol for Exchange of Inter-Domain Routing Information among Intermediate Systems to Support Forwarding of ISO 8473 PDUs (1993).
- [8] 田中理恵子, 塚本昌彦: 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, 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集 (1993).
- [9] Tanaka, R. and Tsukamoto, M.: A CLNP-based Protocol for Mobile End Systems within an Area, *Proc. IEEE-International Conference on Network Protocols* (1993).
- [10] Teraoka, F., Yokote, Y. and Tokoro, M. : A Network Architecture Providing Host Migration Transparency, *Proc. ACM-SIGCOMM* (1991).
- [11] 塚本昌彦, 田中理恵子: デフォルトアドレスと寿命値パラメ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, 情処研報 DPS 58-3 (1992).
- [12] 塚本昌彦, 田中理恵子, 津森靖: CLNP ネットワークにおけるエリア内での移動体サポート, 情処研報 DPS 61-30 (1993).