

## インターネットにおける CLNP の利用†

横川 典子<sup>1</sup>      村井 純<sup>2</sup>      寺岡 文男<sup>3</sup>  
慶應義塾大学      慶應義塾大学      (株)ソニーコンピュータサイエンス研究所

現在インターネットプロトコル (IP) を用いて構築されているインターネットではその規模と応用の発展にしたがい、アドレス空間の不足、および経路制御の破綻などの問題解決と、マルチキャスト、移動ノードのサポートをはじめとする、新しい要求への対応が課題となっている。これらの課題を解決する方法として OSI の CLNP (Connectionless-mode Network Protocol) のインターネットへの利用の検討が行なわれている。本稿では、インターネットでの利用の視点で CLNP と NSAP アドレス (Network Service Access Point Address) を検討し、さらに、具体的なインターネット上での利用方法とこれらを用いた現在、及び将来にわたるインターネットの問題点の解決策を議論する。

### 1 はじめに

現在 IP[1] を用いて構築されているインターネットでは、その発展に従い新しい要求やさまざまな問題が発生している。これらは、新しい通信の形態に対してのよりよい環境の提供の要求と、ネットワーク規模に対応する拡張性の問題に分けて考えることができる。新しい通信の形態の例としては、移動ホストやマルチキャスト、経路に関してはポリシーに基づく経路制御などが挙げられる。ネットワーク規模に対応する拡張性に関しては、ルータの持つべき経路情報表の大きさ、アドレス空間の決定的な不足などが挙げられる。今後もインターネットの成長にとまなない、多くの問題が発生すると予想される。

CLNP (Connectionless-mode Network Protocol) [11] は、ISO のネットワークサービスとして定義されている、コネクションレスの通信を提供するプロトコルであり、可変長の NSAP アドレスを使用している。NSAP アドレスの柔軟性とアドレス空間を利用して、インターネット上で発生している問題や要求の解決を図ることが可能である。

本稿では、2章において現在のインターネット上で発生している問題を明確にし、3章で CLNP の概要を述べた後、4章でインターネットにおける CLNP の利用としての TUBA を検討し、5章による問題解決に関する議論、6章で実験計画、7章でまとめを述べる。

### 2 IP インターネットの問題点

IP を基盤とした現在のインターネット上では、ネットワーク規模に対応する拡張性と、新しい要求に対する環境の提供が問題となっている。規模が大きくなると大きなアドレス空間などの処理に問題が生じると同時に、相互接続されたネットワークを経由したパケットの伝送を実現する機構全体に検討が必要となる。さらに音声やビデオデータのような連続性があるメディアの転送要求や移動通信など従来の技術では対応できない課題がある。

#### 2.1 ネットワーク規模に対応する拡張性

大規模なネットワーク相互接続の環境において、有効な資源空間の取り扱いと、正しく効率的なパケットの転送機能の維持が重要な課題である。現在インターネットで主な問題として検討が進められているこれらの課題の概要は次の通りである：

##### アドレス空間の不足

IP のアドレス空間には図 1 で示すようにネットワーク番号とホスト番号の 2 階層の構造が定義されている。

あるネットワークに対して IP アドレスが要求されると、そのネットワークの規模に対応して最適と考えられるクラスが割り当てられていた。しかし、クラスの選択はあるネットワーク上のホスト数の予想に依存していて不確定である。そのため、32 ビットの限られたアドレス空間に無駄が生じる。また、

<sup>1</sup>Using CLNP in the Internet

<sup>1</sup>Noriko Yokokawa, norinori@wide.sfc.keio.ac.jp

<sup>2</sup>Jun Murai, jun@wide.sfc.keio.ac.jp

<sup>3</sup>Furnio Teraoka, tera@csl.sony.co.jp

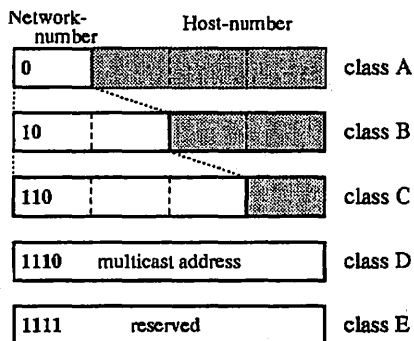


図 1: IP アドレスのクラス構造

無駄を減少させるためにクラス C を多数用いると格納や交換する経路制御情報の量が增大する問題が指摘された [9]。

そこで、あるクラスのホストアドレスをそのネットワーク内だけでもう一段階階層化し、ネットワーク内での規模の増大が全体での経路情報量に影響しないようにする技術が確立した。この技術が「サブネット」である [8]。このため、割り当て方針は、ビット長を確保するためのクラス C 主体から経路制御情報の増加を抑制するクラス B 主体へと変更された。

しかし、IP アドレスのクラス B は、その約 57% が現在使用中であり、最終的な枯渇が問題になっている。現在のインターネットの発展のスピードから、このままでは 1 年後には全てのアドレスを使い切ってしまうことが予測される。そのための解決策として、クラススの概念を撤廃し、ホスト部のビット長を得るために必要なアドレスマスクをアドレスとともに交換する CIDR (Classless Inter-Domain Routing) [10] が提案され、採用がほぼ確実になっている。これは、IP に代わり、中期から長期的にわたって十分なアドレス空間を保証できるネットワーク層プロトコルが確定するまでに、現在のアドレス空間の最適な利用を目的としたもので、数年以内には完全な新しいアドレス体系に移行する必要がある。この新しいアドレスは仮に、IP version 7 と呼ばれ、まだ決定はしていないが、いくつかの候補が検討されている。

### 経路制御

インターネットに接続されるホスト数の増加にもなって、ルータが維持しなくてはならない経路表のエントリ数や、交換しなくてはならない経路情報の量が增多する。このためルータへの負担が増

えるばかりではなく、伝送遅延にもつながる。インターネットでは規模の発展に応じた経路制御技術が利用されてきた。最も広く用いられているディスタンスベクタ型の経路情報交換プロトコルである RIP (Routing Information Protocol) [2] は、ネットワーク規模に対する拡張性に問題がある。そのため、現在ではリンクステート型の OSPF (Open Shortest Path First) [21] の利用が開始されている。

また、各ゲートウェイが直接到達可能なホスト全てに関する経路情報を把握することが難しく、そのためには、ARP (Address Resolution Protocol) [28] など、複数のプロトコルを用いる必要があり、透過性に問題がある。

## 2.2 新しい要求

インターネットの発展にもなって、ネットワーク環境に対する新しい要求が生じてきている。これらの問題は現在の標準的なインターネットの技術では対応できないが、IP を基盤にした解決方法が研究され実験されている。

### ホストの移動

あるホストが、現在のネットワークから別のネットワークへと移動した時生じる主な問題は以下の 2 つである。

- 移動ホストへの、移動先での臨時アドレスの割り当て
- ホストが移動したということの認識、及び透過性

IP アドレスを割り当てるプロトコルとして RARP (Reverse Address Resolution Protocol) [29] や BOOTP (Bootstrap Protocol) [30] などのプロトコルがあるが、これらでは事前にホストを登録しておく必要があり、ホストと IP アドレスの関係は固定されている。動的にアドレスを割り当てるためには、DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) [14] などの新しいプロトコルを必要とする。また、ネットワーク層よりも上位の層が、ホストが移動したことを意識しないようにする必要がある。このようなホスト移動透過性を実現する方法は IP には定義されておらず、VIP (Virtual Internet Protocol) [17] などを導入する必要がある。

### マルチキャスト通信

インターネットの応用は資源の共有を基盤として本質的に放送型モデルの通信である場合が多い。このような通信を有効に伝搬するためには放送型あ

るいはマルチキャスト型の通信媒体を効率的に利用するデータリンク層の機能と、各ゲートウェイでの転送を決定するネットワーク層におけるアドレス割当と、その経路制御機能の定義が必要である。

IP では、クラス D のアドレス空間 (図 1) をグループに割り当て、グループのメンバはそのアドレスを共有することによってマルチキャスト通信をおこなう [24]。

グループに対するメンバの管理のために、IGMP(Internet Group Management Protocol) [25] などが提案されている。また、マルチキャストでは経路制御での無駄なトラフィックの制限とループの回避が特に困難な課題となる。このためさまざまな提案 [23] が行なわれているが、いずれも大規模なネットワーク構成では問題がある。

#### ポリシーに基づく経路制御

ネットワークの相互接続により構成されるインターネットでは、さまざまな方針と規則を持ったネットワークを経由してパケットが転送される。このため、これらの方針に対する要求にしたがった経路制御が必要となっている [6, 7]。

この問題の中にはあるネットワークが通信したり、通過させたりする対象ネットワークを選択する場合や、あるネットワークやホストの発生するパケットが経由する経路に対する要求をもっている場合が含まれる。これらの問題はインターネットの信頼性が向上し、応用範囲が広がるにつれて強い要求となっている。

ポリシーに基づいた経路制御技術は、インターネット技術の信頼性の向上にもない要求されているもので、認証、セキュリティ、課金技術などにつながる強い研究開発の期待が存在する。

#### 実時間性

多用化したメディアのデータ転送のために映像や音声などのように時間的制約を持ったデータを扱う必要がある。インターネットの通信ではデータ転送の遅延の変化の要因は経路上の輻輳などに起因する資源の割り当てに課題がある。そのため、輻輳を検知して転送方式を決定するさまざまなアルゴリズムが検討され [4] また、経路上の資源をあらかじめ確保するプロトコルの実験が行なわれている [3]。さらに、実時間性を考慮したインターネット用の汎用プロトコルも提案されている [5]。

現在、インターネット上では、マルチキャスト通信による音声や画像を転送する実験が開始された [26] が、前項で述べた大規模ネットワークにおけるマルチキャストの問題と輻輳に対する実時間性確保の問

表 1: IP と CLNP の主な違い

	IP	CLNP
アドレス	32 bits 固定長	最大 20 octets 可変長
エラー報告	ICMP	ER PDU
最大データ長	65535 octets	65412 octets
寿命単位	1 sec	500 msec
フラグ	Fragment 禁止	Segmentation 許可
上位層識別	プロトコルフィールド	NSAP アドレスのセレクト

題に対する解決は行なわれていなく、これらの問題の対策は急務である。

## 3 CLNP 概要

本章では、インターネット上で発生している問題の解決の側面から CLNP、特にプロトコル自体、アドレス、経路制御について述べる。

### 3.1 プロトコル

CLNP は、ES (End System, インタネットではホストに相当) や IS (Intermediate System, インタネットではルータに相当) 上のネットワークエンティティ間において、コネクションレス通信 (Connectionless-mode Network Service, CLNS) を提供する、ISO のネットワーク層プロトコルである。

CLNP の機能は IP とよく似ており、以下のような機能を提供する。CLNP では PDU (Protocol Data Unit) (図 2) というデータグラムを、発信元から送信先まで送る。直接送信先に PDU を送ることができない場合には、IS によって中継される。各中継地点ではチェックサム、寿命、送信先がチェックされ、エラーがあった場合にはその PDU を破棄する。また、CLNP の PDU のサイズが提供されているデータリンク層のサービスデータユニットよりも大きい場合には、必要な大きさに分割 (セグメンテーション) する。IP との主な相違点を表 1 に、IP のヘッダフォーマットを図 3 に示す。

IP と CLNP の主な違いは、エラー報告の方法にある。IP がエラー報告を別のプロトコルである ICMP (Internet Control Message Protocol) [22] で行なっているのに対し、CLNP はプロトコル自身にエラー通知機能をも含んでいる。PDU は、エラーを起こしていた場合に破棄され、エラーレポートフラグがヘッダに指定されていればエラー報告がなされる。データを伝送する PDU を DT PDU (DaTa PDU) と呼ぶのに対し、エラー報告を行なう PDU を ER PDU (Error Report PDU) と呼び、破棄された PDU、エラーの原因、エラーの起こった場所

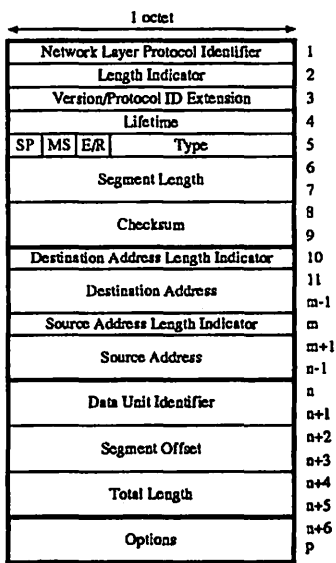


図 2: CLNP ヘッダフォーマット

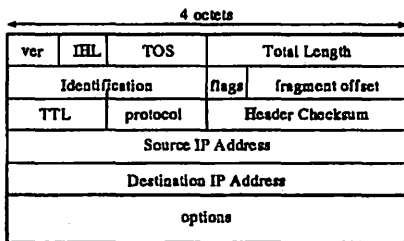


図 3: IP ヘッダフォーマット

を識別する情報を持つ。エラーの種類は、IP が parameter problem としているものより、細かく識別可能である。

### 3.2 アドレス

CLNP の最も大きな特徴は、NSAP アドレス (図 4-(a))[13] を用いていることにある。IP は 32 ビット固定長の IP アドレスを用いており、これがアドレス枯渇の根本的な原因となっているが、NSAP アドレスは大規模なアドレス空間を持っており、長期に渡ってネットワークの成長を支えていくことができると思われる。

NSAP アドレスは、トランスポート層のネットワークサービスユーザにネットワークサービスを提供する点を識別する。経路制御の時などネットワー

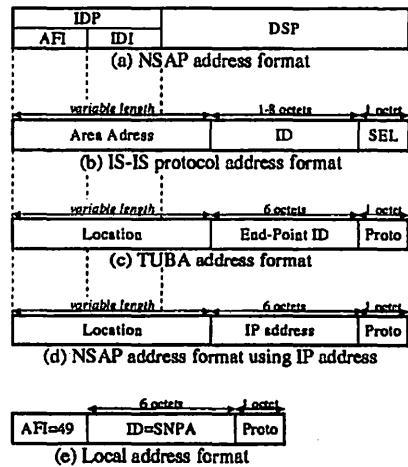


図 4: アドレスフォーマット

クエンティティを明確に識別しなくてはならない場合のために、ネットワークエンティティタイトル (NET) が用意されている。NSAP アドレスと NET は同じアドレス空間から割り当てられ、そのアドレスがどちらを示すかは、解釈の仕方に依存する。

IP アドレスは、ネットワーク規模や用途に応じてクラス分けされているが、NSAP アドレスは階層構造をもつ。NSAP アドレスは、IDP (Initial Domain Part) と DSP (Domain Specific Part) という 2 つの基本的な部分から構成されている (図 4-(a))。

IDP は、1 オクテットの AFI (Address Format Identifier) と可変長の IDI (Initial Domain Identifier) という 2 つの識別子によって構成される。AFI は、続く IDI のフォーマット及びその値を割り当てた主体、そして DSP の抽象構文を識別する。IDI は、DSP を割り当てた主体を識別する。

DSP の長さは可変長であるが、AFI によって識別される IDI のフォーマット、及び文法によって決定される。文法は、10 進と 2 進があるが、現在は 2 進のみを利用するという流れが中心になりつつある。2 進を利用した場合、NSAP アドレスの最大長は 20 オクテットになる。OSI [13] では、AFI に値を割り当てているが、それに限らずフォーマットを自由に追加定義することが可能である。

### 3.3 経路制御

IP を用いて構成されるインタネットでは IGP (Interior Gateway Protocol) として現在使用されている経路情報交換プロトコルは、主に RIP である。

RIP は、ディスタンスベクタ型のプロトコルであり、各ルータは定期的に自分から見た各ネットワークへのホップ数をメトリックとして、全ての経路情報を互いに交換する。

また、インタネットにおいては、OSPF の利用が試みられている。OSPF は、イントラドメイン IS-IS 経路情報交換プロトコル(後述) に似たプロトコルである。各ルータは到達可能な各近隣についてのリンク状態を差分的に交換することにより、ネットワークトポロジを管理するので、交換される経路情報の量は RIP に比べ少なくなるという特徴がある。

CLNP と共に用いられる経路制御プロトコルとしては、以下のものがある:

#### ES-IS 経路交換プロトコル [12]

システムが、互いの到達可能性と NSAP アドレスなどの経路情報を動的に把握するために、一つのサブネットワーク内において用いられるのが、ES-IS 経路交換プロトコルである。このプロトコルを用いることにより、ES 及び IS は、所属するサブネットワーク内で互いの存在及び状態を動的に知ることが可能になる。

#### IS-IS 経路情報交換プロトコル [15]

イントラドメイン IS-IS 経路情報交換プロトコルは、IS 間の経路制御情報の交換を提供するプロトコルである。ルーティングドメイン境界はいくつかのエリアによって構成され、エリアはいくつかの IS と ES によって構成されているが、レベル 2 IS-IS 経路情報交換プロトコルは、同じルーティングドメイン境界内の、異なったエリアに所属しているレベル 2 の IS 間の経路情報交換を提供する。レベル 1 IS-IS 経路情報交換プロトコルは、同じエリアに属する IS 間の経路情報交換を提供するものである。このプロトコルは、NSAP アドレスをエリアアドレスと ID とにわけて利用している(図 4-(b))。

#### IDRP [31]

IDRP(インタドメイン経路プロトコル) は、異なったルーティングドメインに所属する IS 間の経路情報交換を提供するものである。

これらのプロトコルには、以下のような特徴がある

#### メトリック

RIP ではメトリックとしてホップカウントを用いているが、ホップ数が少ない経路が一番「良い」

経路であるとは限らない。IS-IS 経路情報交換プロトコルでは、デフォルトメトリックの他に伝送遅延メトリック、経費メトリック、エラーメトリックをオプションのメトリックとして用意することによってこの問題の解決を図っている。

#### IS による、サブネットワークメンバの把握

RIP を用いて経路情報を交換しているネットワークでは、各ルータが直接到達可能なホスト全体に関する経路情報を把握することが難しく、そのために ARP (Address Resolution Protocol) など別のプロトコルを必要としている。しかし、ES-IS 経路交換プロトコルでは、定期的に ES と IS が経路情報を交換することによって、サブネットワーク内の全ての IS、ES は互いの状態を動的に把握することができる。

#### 交換される経路情報の量

RIP ではブロードキャストを利用して、隣接する全てのルータどうしが定期的に経路に関する全ての情報を交換しているのに対し、ES-IS プロトコルでは、ES は自分の所属するサブネットワーク IS へのみ経路情報を知らせれば良く、レベル 1 の IS 間、レベル 2 IS 間では、それぞれの IS-IS プロトコルを用いて情報を交換する。交換される情報は差分的であり、経路情報交換が階層化構造をなしているため、交換される経路情報の量が少なくなる。

## 4 TUBA

十分なアドレス空間を持つ NSAP アドレスをインタネット上で利用するために、ネットワーク層プロトコルを CLNP に入れ換えようという動きがある。TUBA (TCP/UDP with Bigger Address)[19] の目的は、将来の世界的規模インタネットに必要とされる大規模なアドレス空間を提供することである。NSAP アドレスは大規模なアドレス空間をもち、それを利用しているネットワーク層プロトコルである CLNP は、IP と非常に似通った機能を提供する。以上の理由から、TUBA は NSAP アドレスを用いた CLNP をネットワーク層プロトコルとして利用したインタネットの構築を試みている。さらには、IP から CLNP への移行問題の解決方法や、NSAP アドレスのフォーマットの提案なども行なわれている。

現在用いられている IP アドレスは、そのホストの位置と、ホストそのものを同時に識別する。しかし、ホストが移動した際のアドレス割り当ての必要などから、これらは分けて識別されるほうがよい。

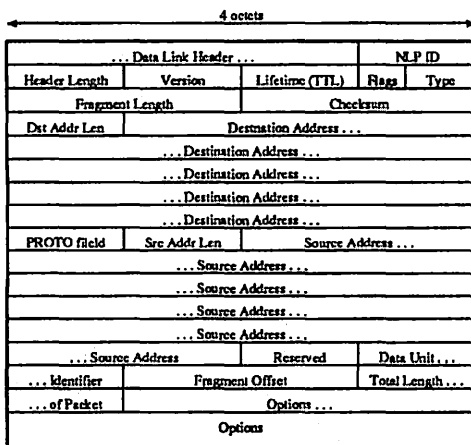


図 5: TUBA PDU フォーマット

TUBA [18] では NSAP アドレスをロケーション ID とエンドシステム ID(EID) に分けたアドレス提案している (図 4-(c))[18]。ロケーション ID は「システムがどこにあるか」を示す 0~12 オクテットの可変長の識別子であり、IS-IS 経路情報交換プロトコルでのエリアアドレスに相当する。EID は「システムが何であるか」を示す 6 オクテットの固定長識別子である。一つのシステムが複数のエリア ID を持つことは可能だが、一つのシステムが複数の EID を持つことは出来ない。最後の 1 オクテットは IP のプロトコルフィールドであり、ISO NSAP アドレスのセクタ、IP でのプロトコルフィールドに相当し、CLNP の上で動作しているプロトコルを識別する。

アドレスの割り当て方法については、ロケーション ID を国別/地域別に割り当てる、電話番号や ISDN 番号を利用する、EID として SNPA (Subnetwork Point of Attachment) アドレスを利用するなどの提案がなされているが、一時的措置として IP アドレスを NSAP アドレスの ID 部の一部に格納し、臨時的 NSAP アドレスを構成する方法が提案されている (図 4-(d))。IP アドレスはグローバルに一意性が保証されているので、ID の一意性を保証することができる。また、TCP からは従来のように IP アドレスでの指定が可能のため、TCP のチェックサムの計算も可能になる。

このアドレス利用方法の問題点は、IP アドレスの数だけしか一意性を保証することができない点であるが、IP から NSAP アドレスの移行への一時期に於いての臨時アドレスとしては有効である。

TUBA の PDU フォーマットを図 5 に示す。

## 5 CLNP による問題解決

### 5.1 ネットワーク規模に対する拡張性

NSAP アドレスは、2 進エンコード時最大長 20 オクテットの可変長アドレスという、非常に大規模なアドレス空間を持っており、今後インタネットが成長していったとしても、長期に渡ってネットワーク規模に対応する拡張性を保証することができる。また、CLNP は、IP と非常に似通ったサービスを提供している。ただし問題もある。例えば、トランスポート層との適合などの問題は未解決のままである。

しかし、ネットワーク規模に対応する拡張性に優れている点からも、ネットワーク層プロトコルとして CLNP を、ネットワークアドレスとして NSAP アドレスを採用することによって、大規模なインタネットを支えていくことが可能である。

### 5.2 移動ホストのサポート

将来のインタネットにおける CLNP の利用方法の一つとして、移動ホストのサポートが考えられる。ホストが移動した際の問題点は、移動先での移動ホストへの臨時アドレスの割り当てと、ホストが移動したということの認識、及び透過性の実現であった。

アドレス割り当て問題の解決策として、ES-IS プロトコルを利用した、臨時アドレス割り当てプロトコル [16] が提案されている。このプロトコルでは、ES-IS プロトコルに RA PDU (Request Address PDU) と AA PDU (Address Assign PDU)、AHT (Address Holding Timer) と RART (Request Address Retry Timer) を追加定義する。RA PDU は新しくアドレスを必要とする ES によって発行され、それを受けとった IS は、割り当てるアドレスを決定した後、その値を AA PDU に格納して送り返す。割り当てられたアドレスは、AHT の期間内だけ有効である。

割り当てられたアドレスの最後の 1 オクテットの値はゼロであり、割り当てられた ES は、この部分を取り除いて用いてもいいし、そこに別な値を割り当ててもいい。利用可能な IS が所属するサブネットワークの中に一つもなかったなどの理由により、RA PDU を受けとることができない ES はオプションで、サブネットワーク内でのみ有効なアドレスを自分自身に割り当てることができる (図 4-(e))。このアドレスの AFI の値は 49、DSP はその ES の SNPA を用いる。

しかし、割り当てるアドレスの決定方法や、IS の持っている割り当て可能なネットワークアドレスの

データベース、一つのサブネット内に複数の IS が存在した時に、割り当て可能なアドレスのデータベースの一貫性を保障するための方法などが何も定義されていない。また、AHT の値は割り当てる IS が決定するため、ES が継続的にネットワークアドレスを持つためには、AHT がきれる前に再び RA PDU を IS に発行しなくてはならないなどの問題もある。この時割り当てられるアドレスは、現在使用中のものとは変わってしまう可能性がある。

移動ホストのもう一つの問題であるホスト移動透過性の問題に関しては、CLNP のタイプ 3 オプション関数として VIP の原理を利用する方法も提案されている [20]。これらの統合により、将来は CLNP 上での移動ホストのための環境が整備できるであろう。

### 5.3 マルチキャスト

NSAP アドレスでマルチキャストを実現するため、AFI を、従来の 10 進/2 進から 16 進にし、マルチキャストアドレス用のフォーマットに用いるという論議がなされている [27]。残りの部分は、普通の NSAP アドレスと同じように、エリアアドレスと ID とにわけて割り当てられる。NSAP アドレスによるマルチキャストの経路制御に関しても、[27] で現在議論されている。

ES-IS プロトコルを拡張することによって、グループメンバの動的登録/削除などの管理も可能になる。

### 5.4 その他

以上のように、IP を用いたインタネット上で発生している問題や要求の一部は、CLNP と NSAP アドレスを用いることによって解決できる。2 章で述べたポリシー制御や実時間通信の問題は現在インタネット上で検討されている技術を CLNP 上でそのまま検討することができる。

## 6 実験計画

現在入手可能な CLNP を組み込んだ汎用オペレーティングシステム上のネットワークプログラムとしては 4.4 BSD, BSD 386 74 リリースなどがある。今後の実験環境として、BSD 386 74 に 4.4BSD の CLNP パッケージをインストールした PC を数台用いたテストネットワークを実装する。この環境に CLNP を実装し、その上で移動ホストのサポートをはじめとする各種の実験を行なう。さらにテ

ストネットの拡張として、WIDE インタネット上での実験を行なう。

## 7 おわりに

本稿では、インタネットにおける CLNP 利用のサーベイを行ない、インタネットにおける利用とその可能性について考察した。CLNP の利用法としては、TUBA のような試みがなされている。CLNP は IP と非常に似通った機能を提供しているが、NSAP アドレスという大規模なアドレス空間と可変長を持つアドレスを用い、ES-IS 経路交換プロトコル、IS-IS 経路情報交換プロトコルなどの経路情報交換プロトコルを採用している。拡張性に優れたこれらのプロトコルを利用して、インタネットで発生している新しい環境への要求を満たすことも可能であると予想できる。しかし、ポリシーに基づく経路制御や、実時間的制約を持つデータの通信など解決が困難な問題もあり、これらは将来の課題である。

われわれは今後、CLNP を用いた実験ネットワークを構築し、本稿で紹介した利用方法の実装と評価、そして将来の課題である未解決問題の解決を図っていかうと考える。

## 謝辞

ご多忙にもかかわらず、多くの質問に丁寧に応えて頂いた富士ゼロックスの池田 政弘氏、小原 裕美氏に感謝致します。多くの議論や助言をいただいている、慶應義塾大学環境情報学部の楠本 博之氏、加藤 朗氏、及び WIDE プロジェクト VIP ワーキンググループのメンバに感謝致します。

## 参考文献

- [1] *Internet Protocol*, RFC 791, September, 1981.
- [2] C. Hedrick, *Routing Information Protocol*, RFC 1058, June 1988.
- [3] D. Ferrari and D. Verma: A scheme for realtime channel establishment in wide-area networks, In *Technical Report TR-890036*, International Computer Science Institute, Berkeley, California (May 1989).
- [4] H. Zhang and S. Keshav: Comparison of Rate-Based Service Disciplines, In *SIGCOMM '91 Conference*, ACM (Sep. 1991).
- [5] D. R. Cheriton, *VMTP: Versatile Message Transaction Protocol: Protocol Specification*, RFC1045, February 1988.
- [6] D. Clark, *Policy Routing in Internet Protocols*, RFC1102, May 1989
- [7] H-W. Braun, *Models of Policy Based Routing*, RFC1104, June 1989

- [8] J. Mogul and J. Postel, *Internet Standard Subnetting Procedure*, RFC950, August 1985
- [9] The Gateway Algorithms and Data Structures(GADS), *Toward an Internet Standard Scheme for Subnetting*, RFC940, April 1985.
- [10] Fuller, V., et al., *Supernetting: an Address Assignment and Aggregation Strategy*, RFC 1338, June 1992.
- [11] ISO 8473-1, *Information technology - Protocol for Providing the Connectionless-mode Network Service*, 1992.
- [12] ISO 9542, *End System to Intermediate System Routeing Exchange Protocol for use in conjunction with ISO 8473*, April 1986.
- [13] ISO/DP8348/DAD2, *Addendum to the Network Service Definition Covering Network Layer Addressing*, April 1985.
- [14] R. Droms, *Dynamic Host Configuration Protocol*, Internet Engineering Task Force, INTERNET-DRAFT, December 1992.
- [15] ISO 10589, *Information technology - Telecommunications and Information exchange between systems - Intermediate system to Intermediate system Intra-Domain routeing information exchange protocol for use in conjunction with the Protocol for providing the Connectionless-mode Network Service(ISO 8473)*, ISO 10589, November 1991.
- [16] ISO 9542, *Revised Text of ISO 9542:1988/PDAM 1 - Information Processing Systems - Data Communications - End System to Intermediate System Routeing Exchange Protocol for use in Conjunction with the Protocol for Providing the Connectionless-mode Network Service - Amendment 1: Dynamic Discovery of OSI NSAP Addresses by End System (SC6 N 7248)*, ISO 7513, August 1992.
- [17] Fumio Teraoka, Kim Claffy and Mario Tokoro, *Design, Implementation, and Evaluation of Virtual Internet Protocol*, In *Proceedings of the 12th International Conference on Distributed Computing Systems*, June 1992.
- [18] Ross Callon, *Addressing and End Point Identification, For Use with TUBA*, October 1992.
- [19] Ross Callon, *TCP and UDP with Bigger Addresses (TUBA), A Simple Proposal for Internet Addressing and Routing*, RFC1347, June 1992.
- [20] 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*, 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会報告, November 1992.
- [21] J. Moy, *OSPF Version 2*, RFC 1247, July 1991.
- [22] J. Postel, *Internet Control Message Protocol*, RFC 777, April 1981.
- [23] S. Deering, *Multicast Routing in Internetworks and Extended LANs*, in *Proceedings of ACM SIGCOMM '88*, August 1988.
- [24] S. Deering, D. Waitzman and C. Partridge, *Distance Vector Multicast Routing Protocol*, RFC 1075, November 1988.
- [25] S. E. Deering, *Host Extensions for IP Multicasting*, RFC 1112, August 1989.
- [26] S. Casner and S. Deering, *First ietf internet audiocast*. In *Computer Communication Review*, ACM, July 1992.
- [27] Discussions in ISO CS6 WG2, February 1993.
- [28] D. C. Plummer, *An Ethernet Address Resolution Protocol or Converting Network Protocol Addresses to 48.bit Ethernet Address for Transmission on Ethernet Hardware*, RFC 826, November 1982.
- [29] Finlayson, Mann, Mogul and Theimer, *A Reverse Address Resolution Protocol*, RFC 903 June 1984.
- [30] B. Croft and J. Gilmore, *BOOTSTRAO PROTOCOL*, RFC 951, September 1985.
- [31] *Information Processing Systems - Telecommunications and Information Exchange between Systems - Protocol for Exchange of Inter-domain Routeing Information among Intermediate Systems to Support Forwarding of ISO 8473 PDUs*, August 1992.