

アドホック型ネットワークにおけるアドレス自動設定方法

水 谷 昌 彦[†]

携帯端末の利用が主体となる今後のネットワークにおいて、リアルタイム・双方向コミュニケーションを支える基盤となる、ネットワーク構成方法を検討した。想定されるアドホック型ネットワークでは、端末間の接続状態が頻繁に更新される。ユーザに対し常時接続できる環境を提供するためには、ネットワーク情報自動設定機能が必要である。本稿では、アドホック型ネットワークの特徴と、その構築における課題を整理する。その結果に基づき、アドホック型ネットワークで通信を実現するためアドレスを階層化して管理する多段 PD 制御方法を提案する。

Automatic Node Configuration for Topology-Flexible Network

MASAHICO MIZUTANI[†]

This paper presents a network configuration scheme for the next information service platform, which realizes realtime and/or interactive communication environment based on the mobile technology. The network topology is modified with short interval following the node migration. It is necessary to configure the network environment dynamically to provide on demand connectability to users. In this paper we study the properties of communication in topology-flexible network including mobile equipments and problems for the node configuration. Then we propose the multi-step prefix delegation, a method of hierarchical address management. It provides consistently integrated connections.

1. はじめに

DSL (Digital Subscriber Line) や FTTH (Fiber To The Home) の導入によりアクセス網大容量化が進み、インターネット接続により可能となる WWW でのデータ配信は、日常生活においても不可欠な情報入手の手段として浸透してきている¹⁾。企業などの広告や公共機関における各種手続きをサポートする環境がネットワークを通じて提供され、情報ネットワークは便利・快適な生活を支える一つのメディアとして成立しつつある。セキュリティや帯域制御といったネットワーク品質を保障する技術も進展し、近年ではインターネットを利用するショッピングサービスや銀行業務、チケットサービスなどの利用も増加し、情報ネットワークは経済的にも大きな影響を及ぼすプラットフォームとなりつつある。また付加価値の高いサービスは、ネットワーク環境の整備に伴いライフラインとしての重要性を増しており、通信と放送の融合²⁾、家庭内や屋外における情報提供サービス³⁾ など、多くの適用先が考えられている。

情報サービスの充実と共に、いつでもどこでも情報活用が可能な携帯型端末の普及が加速している⁴⁾。携帯電話が固定電話にとって変わり、デスクトップ PC に加えて携帯可能なノート PC の利用が進んでいる。携帯電話は、当初移動中の通話環境を提供することが目的であったが、インターネットの普及とともに個人情報端末としての側面が注目され、普及が加速した。メールでのコミュニケーションや街情報の入手他、多くのサービスでその利用方法が検討されている。また通信機能を持つノート PC は、情報化の進展とともに多様化するビジネスシーンで不可欠なツールとなっている。キャリア・企業・ISP が提供するインフラにおいて、オープンオフィスや広域無線 LAN などモバイル環境の整備が進められ、有線ネットワークから無線ネットワーク環境への移行が進んでいる。

現在のネットワークは、管理者がそれぞれ異なる、複数のネットワークによって構成されている。組織内においても部署による管理方法やネットワーク構成が異なり、管理者が階層的に複数存在することが普通である。無線利用の拡大が見込まれる今後のネットワークでは、端末同士が直接接続される、アドホック型のネットワークが広がることが予測される。無線 LAN だけではなく、近年注目されている PAN (Personal Area

[†] (株)日立製作所 中央研究所
Hitachi, Ltd., Central Research Laboratory

Network) あるいは車載装置（センサ）のネットワーク化に見られるように小規模のネットワークが登場し、ネットワーク構成の細分化が進むことで、小規模ネットワーク同士がアドホックに接続される状況が発生することは明らかである。アドホック型ネットワークの特徴は、従来のような固定端末を想定したネットワークと異なり、端末が相互に対等な関係でネットワークを構成する（「フラットな構成」と呼ぶ）点にある。また、従来のようにネットワークが場所や組織に属するのではなく、ユーザの移動と共にネットワークが構成されるため、端末間の接続関係が頻繁に変更される。このため、アドホック型ネットワークでは、従来の管理機能では、隣接端末以外の端末の接続状態を正確に把握できない。

近年、情報端末の普及と共に個人もしくはグループ間における情報活用及び相互コミュニケーションを支援するネットワークシステムの需要が高まっている。一方で前述のように、アドホック型ネットワークにおいて従来のネットワーク構築方法でアドレス情報を管理し、端末間の相互通信環境を提供することは困難である。そのためモビリティ支援と、街角やオフィスでの情報活用を促進するサービスの提供とを同時に可能にするための技術検討が急務である。今後、ネットワークが細分化され、移動性が重視されるネットワークにおいて情報サービスを提供するには、トポロジを特定しない柔軟な構成を持つネットワークインフラが必要である。本報では将来拡大が予測されるアドホック型ネットワークの構築に向けたネットワーク構成・制御方法について検討する。

2. 次世代ネットワークの検討

2.1 トポロジ変動型ネットワークへの移行

図1に、移動ネットワークを含む将来のネットワークサービスの利用イメージを示す。従来の構成では、インターネットとイントラネット、基幹ネットワークと組織内ネットワークなど、ネットワーク構成を識別する概念が存在する。利用者の管理や課金などは、ネットワークが組織毎に構成されることを前提としている。これに対し、将来的には携帯端末や車載機器を構成要素とする移動可能なネットワークやPANなどの小規模ネットワークの増加が見込まれ、端末やその他の通信中継装置（ノード）間の接続関係が頻繁に変更されるアドホック型ネットワークが広く用いられるようになる。

アドホック型ネットワークへの移行により発生するネットワークの特徴として、以下が挙げられる。

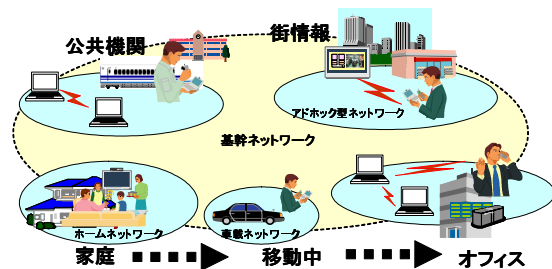


図1 次世代ネットワークの利用イメージ

- 端末の移動に伴ってアドレスなどネットワーク構成情報が頻繁に変更される
- ユーザが組織や拠点を越えて自由に移動し、ユーザ間で独自にネットワークを構成する

こうした特徴は、ネットワーク構成方法に関する考え方を大きく変える。従来のネットワーク構成の考え方と、アドホック型ネットワークにおけるネットワーク構成とは、前提とするネットワークの利用形態が大きく異なる。すなわち、ネットワークを構成するノード及び端末は固定されているという前提から、常に移動する可能性があるという前提へ変化する。またユーザ端末はユーザの属する組織及び拠点のネットワークを利用するという前提から、ネットワークの区分という概念が消滅し、いつでもどこからでもネットワークに接続できるという前提へと変化する。図7に、アドホック型ネットワークを含むネットワーク構成例を示す。ネットワークは、アクセス網などアドホック構成をとる利用者側のネットワークと、基幹ネットワークとの組み合わせにより構成される。前者は比較的近い範囲で集まった端末によって構成されることを想定している。また後者はアドホック型ネットワーク領域を相互に接続するとともに、外部ネットワークへの接続環境を提供する大容量スイッチもしくはルータによって構成されることを想定している。アドホック型ネットワークでは、端末が相互接続することでその規模が拡大する。通常、端末が多段に接続されたトポロジが形成される。

2.2 ネットワーク階層化によるアドレス管理

アドホック型ネットワークの大きな特徴は、ネットワークトポロジの頻繁な更新にある。携帯端末などのノードの接続状況の変化に伴い、アドレスなどのネットワーク構成情報が頻繁に変化する。

アドホック型ネットワークの適用先としては、例えば企業における映像を用いた会議システム、展示会での場内案内システムが考えられる。会議システムでは、会議の内容や会議室の移動により、短期間でネッ

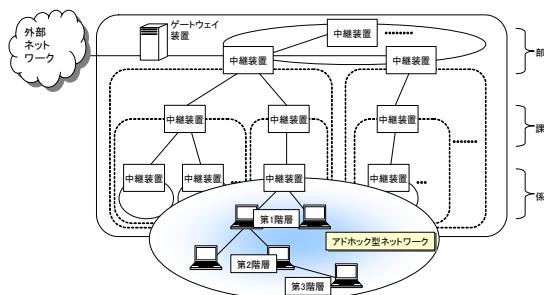


図2 アドホック構成を持つネットワークの構成例

ネットワーク装置の配置が変更される場合があります、装置に設定されるネットワーク情報が使用時期、目的などにより頻繁に変わる。また、展示会では展示内容の変更により、同様にネットワーク構成が変化します。従って、ユーザ移動時及び装置構成変更時のネットワーク設定を自動化することが、これら移動環境における情報サービスの提供に必要である。

以上から、ネットワークの特徴を考慮すると、アドホック型構成による情報サービス基盤を実現するための課題は、以下ようになる。以下、それぞれの課題について検討する。現在はIPv4が主流であるが、今後のIPv6の普及を見込み、IPv4/v6双方を考慮する。

- (1) ネットワーク情報の自動設定機能
ネットワークトポロジの変化に伴うネットワーク設定情報の更新を自動化すると共に、端末間通信を実現するため、ネットワーク全体で重複の生じないアドレス設定方法を検討する。
- (2) 複数の情報サービスを自由に選択できる経路設定機能
独自の情報サービスを提供する複数のサーバを、ユーザが自由に選択して接続し、またユーザ端末とサーバとの接続切り替えを任意のタイミングで行う方法を検討する。

3. ネットワーク情報自動設定方法の検討

3.1 従来のアドレス自動設定方法と問題点

ルータ等のネットワーク装置では、通常オペレータの手作業により構成定義が行われ、ネットワーク構成（トポロジ）が大幅に変動する状況は想定していない。同じネットワーク内で装置の追加・削除を行った場合には、ルーティングプロトコルの経路再計算により接続性が保たれる。このルーティング機能を活用するため、実際の運用においても、一つの巨大なセグメントを構成する場合が多い。これはアドレス変更が生じない限られた範囲でネットワーク中継装置（DS、ユーザ端末）が移動する場合に有効である。アドレス設定

を自動化するには、DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)⁵⁾⁶⁾、PD (Prefix Delegation)、RA (Router Advertisement) を利用する。ネットワークアドレスを自動設定するには、基準となるアドレスを持った装置を必要とする。図2のネットワーク構成では、ディスプレイネットワークをインターネットに接続するためのルータがその役割を担う。以下にIPv4とIPv6それぞれの場合でのアドレス自動設定方法を説明する。

(1) IPv4 の場合のネットワーク構築

DHCP はアドレス管理サーバから、同一セグメントに属するクライアント端末に対してアドレスを自動的に割当てする手段であり、家庭や企業のLANにおいてネットワーク設定を自動化する場合に利用される。サブネットが存在する場合は、DHCP-relay 機能を利用し、中間の装置が端末へのアドレス配布を中継することが必要となる（図3）。具体的には、以下の方法によりネットワーク設定を行う。

- (a) 基準装置から、中継装置の持つ全てのインタフェースについて、DHCPによりアドレスを配布する。
- (b) 中継装置のインタフェースのうち、サブネットを持つものは、さらに DHCP-relay によって、端末からのアドレス要求を DHCP サーバへ中継する。

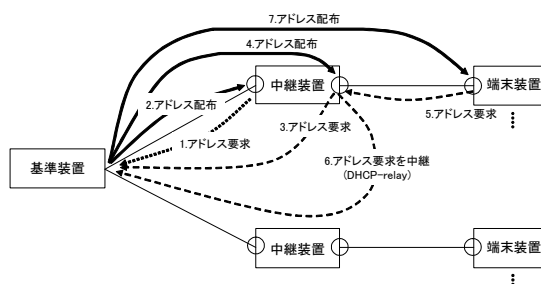


図3 DHCPによるアドレス設定

(2) IPv6 の場合のネットワーク構築

IPv6 では、64bit の network prefix と MAC (Media Access Control) address から生成する 64bit の interface identifier を組み合わせてアドレスを生成する。Network prefix を配布する方法には、1 ホップで直接接続された装置（サーバ、ユーザ端末）に対して prefix を配布する RA と、1 ホップで直接接続された装置のサブネットに属する装置に利用可能な prefix を

配布する PD とがある。具体的には、以下の方法でネットワークを構築する（図 4）。

- (a) 基準装置からサーバに対しては、RA による prefix 配布を行う。
- (b) サーバ（もしくはルータ）のサブネットに属する端末へは、基準装置から PD によってサーバに配布する network prefix に基づき、サーバから RA により prefix を配布する。

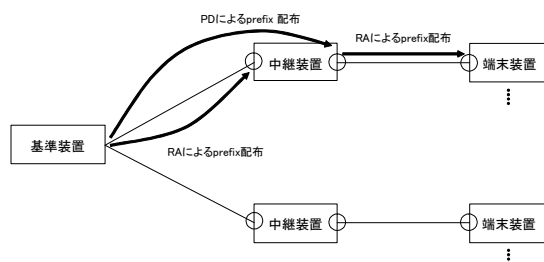


図 4 PD 及び RA によるアドレス設定

上記 (1) と (2) は、それぞれアドレス管理の方法が異なり、IPv4 では特定の DHCP サーバが全アドレスを集中管理するのに対し、IPv6 ではサーバが prefix に基づき、それぞれのサブネットについてアドレスを設定する。ネットワーク装置が全て同一セグメントに属する場合と、特定のセグメントとそのサブネットという二段までの構成になっている場合は上記の方法により対応できる。しかしながら、次世代ネットワークの運用では、展示会での利用などサーバ及び端末を頻繁に移動する状況が考えられ、ネットワークの一部ではアドホック型の構成をとる可能性もある。DHCP ではサーバや端末の区別なくアドレスが配布され、経路制御ができなくなる可能性がある。PD 及び RA の場合も、二段以上の構成を持つネットワークにおいて矛盾なくアドレスを設定することは難しい。DHCP と PD の課題を以下にまとめる。

DHCP ネットワークトポロジを反映したアドレス設定ができない。

PD, RA 二階層以上に渡るネットワーク構成が存在する場合に、アドレスの整合性がとれない。

従って、ディスプレイネットワークの実現に向けては、多階層のネットワークにおける整合性のあるアドレス設定方法の実現が課題となる。

3.2 多段 PD 制御方法の提案

上記課題を解決するため、アドレスを階層化して配布する方法を提案する。具体的には以下の二つの方法を提案する（図 5）。以下、本提案を多段 PD 制御方法と呼ぶ。

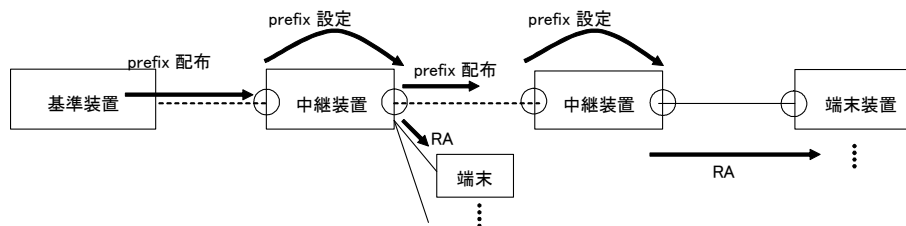
- (1) 中継装置は、上流から通知される prefix の範囲から、下流向きインタフェースに使用する prefix を選択する。端末に対しては prefix を利用してアドレスを設定する。同時に端末以外の下流のネットワーク装置に対して、上流から通知される prefix に基づいて新規に prefix を通知する。
- (2) 最上流のサーバがネットワーク上の全ディスプレイに通知する network prefix を決定する。Prefix を受信したディスプレイは端末に対してはアドレスを設定すると共に、下流のディスプレイに向け自分宛て以外の prefix 通知を中継する。

それぞれの方法につき、IPv4 を用いる場合には prefix と MAC address からアドレスを自動生成する機能がないため、network address と MAC address からアドレスを生成する機能を提案する。IPv4 では端末に割り当てるアドレスの重複を回避することのできる network address の長さは 16bit までであり、本方式を適用できるネットワークの規模が限られる。但し、展示会など比較的小さな規模で閉じたネットワークを運用する際には、提案した IPv4 アドレス管理方法でも実用上は十分である。上記多段 PD 制御方法の導入により、アドレスの重複を回避し、任意のサブネットに属する端末間での通信が可能となる。またディスプレイの段数とネットワークアドレスを関連付けることができ、各種サービスと連携する経路制御が可能となる。

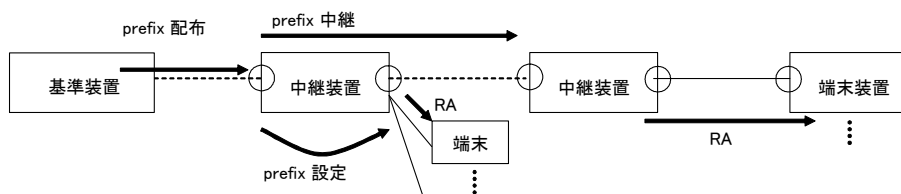
3.3 階層化管理の適用例

図 6 にネットワーク階層化の概念と、当該ネットワークにおける実際のアドレス配布手順を示す。上位ノードから network prefix を受信した下位ノードは、さらに下位のノードが持つインタフェースの MAC address と配布された network prefix とから IP アドレスを生成し、各装置のインタフェースへ配布する。

従来型のネットワークでは、組織及び装置の使用場所によりネットワーク構成を管理できたが、端末がそれぞれ対等な関係の下でアドホックに接続され、トポロジが不定なネットワークの場合には、端末に対して所属組織や設置場所などの属性に基づくアドレスを設



(a) 各階層でのprefix配布



(b) Prefix集中管理

図 5 アドレス情報の階層化管理

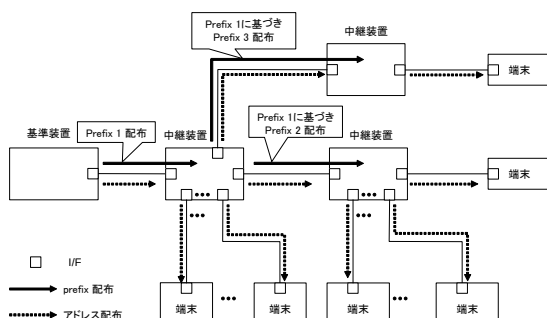


図 6 ネットワーク階層を用いるアドレス配布方法

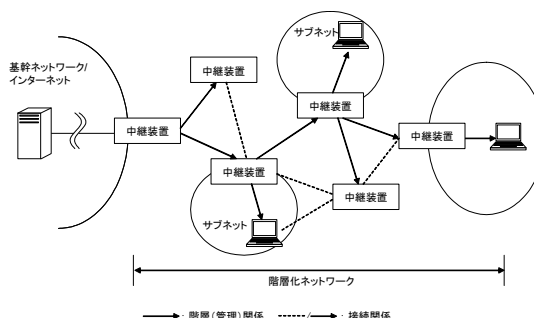


図 7 階層化管理の適用例

定することができない。提案方式では、ネットワーク構成を反映するため、端末間に階層化による相関関係を定義する。図 7 に階層化ネットワークの基本構成を示す。基幹ネットワークに近い上位のノードから下位のノードへ向かい、アドレスを階層的に配布する。これにより、アドレスの整合性を保障し、ネットワーク内の効率的な経路制御を実現する。

4. ま と め

モバイル環境の普及に伴うネットワーク構成方法の変化を分析し、以下の特徴を持つネットワークを対象としたネットワーク検討を行った。

- ネットワークの細分化が進み、移動端末によるアドホック型ネットワークが形成される
- ネットワーク区分の概念が薄れ、ユーザが独自にネットワークを形成する

さらに、ユビキタス情報社会に適用可能な、新たな情報アクセス環境の実現に向け、基盤となるネットワーク機能を検討した。具体的には、端末間通信の実現を目的とした、アドレス重複を回避できるアドレス自動配布機能が必要である。

上記課題について、多段 PD 制御による解決方法を提案した。提案方式は、以下の特徴を持つ。

- 同一セグメント内またはサブネットが含まれるセグメント内: IPv6 では PD 及び RA を適用。IPv4 網では DHCP の活用もしくは PD 類似の機能を IPv4 で実現する。
- サブネットが多段に構成されるセグメント内: サブネット間通信を実現するためアドレスを階層化管理する。

5. 今後の課題

コミュニケーション基盤としてのネットワーク構築には、今回検討したネットワークアドレスの配布と共に、ユーザ間相互通信を実現する経路制御方法も必要である。特に、エンドユーザが NAT⁷⁾/NAPT⁸⁾により独自にプライベート網を構築する例も多く、現在サイトをまたがる双方向通信を実現する方法が議論されている (e.g. NATS⁹⁾)。複数の端末が互いに異なる階層化ツリーに属する場合の端末間通信を実現するには、これらアドレス解決技術との連携が必須となる。

また、階層化ネットワークでは、端末移動時にアドレス再設定処理が必要となるため、トポロジ変化に対し、ネットワーク再構成の完了までに遅延が生じる可能性がある。車載ネットワークや鉄道情報システムへの適用時には、高速移動に対応するため、アドレスを短時間で切り替えるための技術が必要である。切り替え時の処理方法及び要求性能は、提供するネットワークサービス毎に異なる可能性がある。

情報配信プラットフォームの研究は、複数の事業の境界領域にあたり、現在検討が進められている。例えば、携帯端末との連携による情報サービスの提供は、今後のネットワークサービスに不可欠の技術であり、注目度は高い。情報の利用シーンの拡大に伴い、ネットワーク構成が柔軟に変更する場合の設定・制御方法に関心が高まっている¹⁰⁾¹¹⁾。今後提案方式の実用化に向け、検討を進める予定である。

参 考 文 献

- 1) 平成 15 年度 情報通信白書
(www.johotsusintokei.soumu.go.jp/whitepaper/ja/h15/index.html)
- 2) NHK 放送技術研究所, 「ブロードバンド時代のサーバー型放送サービス」, 技研公開資料, 2003
- 3) 日立 IT コンベンション 2003
(hitachi-itcon.com)
- 4) 総務省報道資料, 「平成 14 年「通信利用動向調査」の結果」
(www.johotsusintokei.soumu.go.jp/statistics/data/)
- 5) Droms, R., "Dynamic Host Configuration Protocol", IETF RFC 2131, 1997
- 6) Droms, R., et al., "Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)", IETF RFC 3315, 2003
- 7) Srisuresh, P., Egevang, K., "Traditional IP Network Address Translator (Traditional NAT)", IETF RFC 3022, 2001
- 8) Srisuresh, P., Holdrege, M., "IP Network Address Translator (NAT) Terminology and Con-

siderations", IETF RFC 2663, 1999

- 9) Kondo, K., "Capsulated Network Address Translation with Sub-Address (C-NATS)", IETF draft-kuniaki-capsulatted-nats-03.txt
- 10) Adoba B., "Detection of Network Attachment (DNA) for IPv4", IETF draft-ietf-dhc-dna-ipv4-00.txt, 2003.
- 11) Williams A., "Requirements for Automatic Configuration of IP Hosts", IETF draft-ietf-zeroconf-reqts-12.txt, 2003.