

計算機群における 「動的なインターネット接続性」の共有に関する研究

日 野 哲 志[†] 湧 川 隆 次[†]
植 原 啓 介[†] 村 井 純^{††}

本研究では、計算機群において計算機同士がインターネット接続性を共有するための機構を実現する。小型計算機の普及により、電車内などの通信基盤がない場所で複数の計算機が集合する環境が多く見られるようになった。現在、このような環境においては、それぞれの計算機が必要に応じて独自に通信機器を利用してインターネットへの接続を行なっている。各計算機が持つインターネット接続性を集合内で共有することにより、集合内の全ての計算機がインターネットに接続することが可能になる。

本研究では、このような環境を実現するための機構として、Dynamic Internet Connectivity Sharing(DICOS)の実現を行なう。DICOSの構築を行ない、それを用いた実験ネットワークを構築することにより、実用性の検証を行なう。本研究により、計算機集合内において、自律的なインターネット接続性を共有することが可能となる。

Sharing "Dynamic Internet Connectivity" among Internet Nodes

TETSUJI HINO,[†] RYUJI WAKIKAWA,[†] KEISUKE UEHARA,[†]
and JUN MURAI^{††}

With the deployment of tiny computers, there are many situations where some computers are gathering together, such as in a train. In these cases, nodes usually connect to the Internet individually and directly. However, the individual management of the connection adds an important burden that could be saved by sharing a common device. This paper thus proposes Dynamic Internet Connectivity Sharing(DICOS), a system for sharing the Internet connectivity among a set of nodes. DICOS is implemented and its practicality is verified by the construction of the experiment network.

1. 研究背景

計算機の小型化・普及や無線通信技術の発展により、室内だけではなく、移動中などあらゆる場面においてインターネットへの接続要求が増加している。

車内などの環境において、ユーザがインターネットへ接続する手段は2つ存在している。1つとして、自らの計算機に搭載した携帯電話などの通信デバイスを利用して個別に接続を行なう手段がある。もう1つの手段として、車内にインターネット接続サービスがあらかじめ用意されており、それを利用する方法がある。

現在、ほとんどのユーザが前者の手段を用いている。後者の手段を実現するため、インターネット自動車プロジェクト¹⁾およびCommuプロジェクト²⁾において研究が行なわれている。インターネット自動車プロジェクトでは、1996年より自動車にインターネット接続性を提供するための技術研究を行なっている。またCommuプロジェクトでは、電車内のユーザに対して、インターネット接続を提供するシステ

ムを構築している。

これらのプロジェクトでは、交通機関内にあらかじめ通信基盤を設置することにより、インターネットへの接続性を提供しようとしている。しかし、通信基盤が敷設されていない交通機関内や場所において、インターネットへの接続を要求するユーザも多く存在している。このような環境においては、それぞれのユーザが個別にインターネットに接続するしかない。この場合、集合内の複数の計算機により、複数のインターネット接続性が出現する状況が考えられる。

2. 本研究の目的

2.1 本研究が想定する計算機環境

本研究では、複数の計算機が集合している環境を想定する。そこには無線LANなどのインターネット接続サービスが敷設されていない。このため、インターネットへの接続を必要とする計算機は、自分が搭載する携帯電話などの通信デバイスを利用して、独自にインターネットへ接続する。しかし、インターネット接続が可能な通信機器を持たない、もしくは通信機器を利用できないユーザはインターネットとの通信を行なうことが出来ない。

2.2 目 的

本研究では、2.1で述べた環境において、各ユーザが独自

[†] 慶應義塾大学 政策・メディア研究科

Graduate School of Media and Governance, Keio University

^{††} 慶應義塾大学 環境情報学部

Faculty of Environmental Information, Keio University

に確立するインターネットへの接続性を計算機集合内で共有するモデルを提案する。このモデルを接続性共有モデルと呼ぶ。

本研究では、接続性共有モデルを実現するための機構を実現する。本機構により、各計算機は自律的にインターネットに接続した時に、集合内の計算機をインターネットに接続するゲートウェイ計算機となることが可能になる。集合内の複数の計算機がインターネットに接続した場合、集合内に複数のゲートウェイが出現することになるが、その状況においても複数のゲートウェイを選択して利用することが可能になる。

3. 接続性共有モデル

本章では、計算機集合においてインターネット接続性を共有するモデルとして、接続性共有モデルの概要を述べる。

3.1 接続性共有モデル

接続性共有モデルとは、複数の計算機が集合している環境において、各々の計算機が持つ接続性を共有して、各計算機が通信を行なうモデルである。このモデルにより集合内の計算機は、共有した接続性を仮想的に自らが持つ通信機器のように利用することが可能になる。複数の接続性を共有している場合においても同様に、複数の通信機器を持っているかのように利用することが可能である。

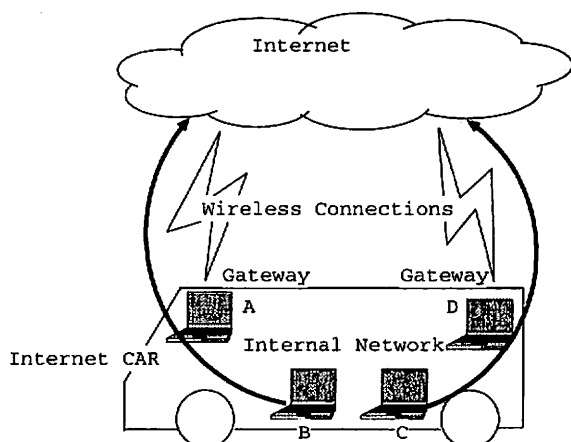


図1 DICOSにより実現される環境

図1にこの接続性共有モデルにより実現される環境を示す。集合内の計算機A~Dは、AおよびDが持つインターネット接続性を共有している。これにより、インターネットへの接続性を持たない計算機B,Cもインターネットに接続している。ここで、AおよびDは計算機A~Dで構成される内部ネットワーク（Internal Network）からインターネットへのゲートウェイ（Gateway）となる。内部ネットワーク内の計算機は、A、Dをゲートウェイとして利用して、インターネットへ接続する。

3.2 機能要求

接続性共有モデルには以下の5つの機構が必要となる。

[1] 内部ネットワーク構築機構

集合内の計算機間での通信を可能にする必要がある。複

数の計算機が集合した状態で、計算機間の内部ネットワークを構築する機構である。

[2] インターネット接続性提供機構

接続性を持った計算機を利用して、インターネットを利用するために必要な機構である。この機構により、インターネット接続性を持った計算機をゲートウェイとして利用することが可能になる。

[3] 接続性情報広告機構

自律的なインターネット接続性に関する情報を内部ネットワーク内の計算機に広告する機構である。ゲートウェイが自分の情報を広告することにより、各計算機はゲートウェイを利用することができる。

[4] 接続性管理機構

インターネットに接続するインターフェイスを監視するための機構である。この機構は、インターネットに接続するインターフェイスを常時監視し、インターフェイス変化を他の機構に対して通知する。

[5] インターネット接続性利用機構

動的に出現するインターネット接続性を利用するための機構である。この機構では、複数のゲートウェイが存在する場合にそれらのゲートウェイの利用を実現する。

3.3 動作概要

ここでは、上記の機構を用いて各計算機がどのように動作するかを述べる。

接続性共有モデルにおける集合内の計算機には3つの状態がある。内部計算機状態とゲートウェイ状態、エンドノード状態である。内部計算機状態では、内部ネットワーク内でのみ通信が可能である。計算機がインターネットへの接続性を持つ状況ではゲートウェイ状態となる。また、接続性共有モデルにおける計算機は全てエンドノードである。このため、全ての計算機はエンドノード状態での動作を行ない、ゲートウェイ状態の計算機のみが、エンドノード状態での動作に加えゲートウェイとしての動作を行なう。

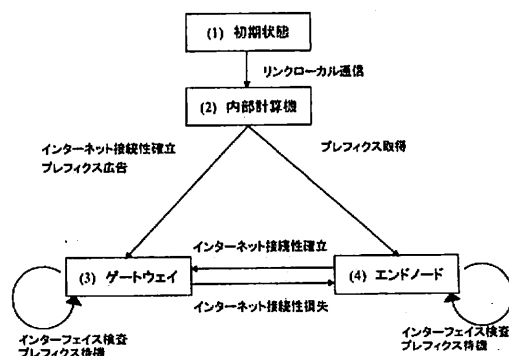


図2 計算機状態遷移

図2に接続性共有モデルにおける計算機の状態遷移を示す。(1)の初期状態では計算機は孤立している。内部ネットワーク構築機構により構築された内部ネットワークに参加することにより、(2)の内部計算機となる。内部計算機はイ

インターネットとの通信は行なえない。内部計算機は、接続性管理機構によりインターネットへ接続するインターフェイスの検査を行なう。インターネットに対する接続が確立されると、(3)のゲートウェイとなる。接続インターフェイスがない場合、もしくは確立できない場合には(4)のエンドノード状態になる。エンドノード状態では、定期的なインターフェイスの検査および、広告されるゲートウェイ情報の管理を行なう。インターネット接続性の確立が確認されると、ゲートウェイ状態へと遷移する。ゲートウェイ状態では、インターネット接続性提供機構により取得したインターネット接続性に関する情報を内部ネットワークに広告し、内部ネットワークをインターネットに接続する。同時に、インターフェイスの検査および他のゲートウェイから広告されるゲートウェイ情報の管理を行なう。インターフェイスの検査によりインターネット接続性の損失が確認されると、エンドノード状態へと遷移する。エンドノードおよびゲートウェイ状態では、インターネット接続性利用機構を利用して、内部ネットワークのゲートウェイを利用してインターネットとの通信を行なう。

3.4 既存技術との関連

3.2で挙げた5つの機構と、既存技術との関わりについて述べる。ここで述べる既存技術を、システム全体の構成を考慮して利用することにより、接続性共有モデルの実現を行なう。

内部ネットワーク構築機構

内部ネットワークは、Mobile Ad Hoc Network(MANET)技術やEthernetを用いて構築することが可能である。Internet Engineering Task Force(IETF) MANET ワーキンググループでは、無線通信機器を用いた計算機間でのマルチホップネットワークを構築するための技術研究が行なわれている。また一般的なEthernetや無線LANを用いて構築することも可能である。MANETでは、主に内部ネットワークの構築に主眼が置かれているが、インターネット接続機構も研究されておりGlobal Connectivity for MANET³⁾などにより、インターネットとの通信を行なうことも可能である。しかし、現在MANETが利用される環境は少ない。このため、本研究では内部ネットワークには、Ethernetを用いる。MANETを用いた内部ネットワーク構築に関しては、今後の課題とする。

接続性管理機構

インターネットへの接続性を監視する機構としては、MIBsocket⁴⁾がある。MIBsocketでは、MIBのデータ構造に基づいて、インターフェイス状態の監視を行なう。しかし、IEEE802.11bなどの無線LANインターフェイスには対応していない。本研究では、主に無線通信機器を利用するため、無線LANに対応したインターネット接続性管理機構が必要となる。また、管理機構から取得した情報を他の機構に通知する機能も必要である。

インターネット接続性提供機構

内部ネットワークに対して動的にインターネット接続性を提供する機構としては、Prefix Delegation 機構⁵⁾がある。Prefix Delegation 機構では、下位ルータから上位ルータに対してプレフィックスのリクエストを送信し、上位ルータが委譲するプレフィックスを返答する。同時にそのプレフィックスへの経路の設定も行なう。プレフィックスの委譲を受けた下

位ルータが、そのプレフィックスを内部ネットワーク内の計算機に広告することにより、内部の計算機はインターネットとの通信が可能になる。

Prefix Delegation では、ネットワークに対して動的に接続性を提供することを主眼としている。本研究で目指す環境では、計算機は、あらかじめゲートウェイとして設定されているのではなく、必要に応じて動的にゲートウェイとなる点が重要である。このため、本研究ではPrefix Delegation 機構を用いて実現する。

接続性情報広告機構

通常のIPv6ネットワークにおいても、ゲートウェイはネットワーク内に対して自分の情報を広告する。この場合、Router Advertisement⁶⁾メッセージにプレフィックスを格納し、リンク内の全計算機に対して送信する。また、Default Router Selection⁷⁾では、複数のデフォルトルータが存在する場合に、それらを選択するための手法を提案している。Default Router Selection では、Router Advertisement メッセージに拡張を加え、ルータの特徴を格納するフィールド(Preference Field)を追加した。各ゲートウェイは自分の特徴を3段階でPreference Fieldに既述する。

Default Router Selection では、3段階の状態しか広告することができない。また、Router Advertisement メッセージを利用していることから、同一セグメントの計算機に対してしか情報を広告できない。Router Advertisement メッセージではなく、独自のメッセージをフラッディングにより広告することで、より多くの情報を、MANETのようなマルチホップネットワークに対しても広告することが可能になる。現在、このような機構は実現されていない。

インターネット接続性利用機構

インターネット接続性利用機構は、複数インターフェイス支援機構⁸⁾の拡張により実現可能である。複数インターフェイス支援機構はMobile IPv6⁹⁾をもとに、計算機が持つ複数のインターフェイスを、ユーザポリシーにより選択して利用することを実現する機構である。ユーザはポリシーとして、宛先アドレスや宛先ポート・プロトコルで特定されるフローごとに、利用するインターフェイスを設定する。各インターフェイスは、Care of Addressを持つため、実際にはフローとCare of Addressとの対応となる。この対応をMobile IPv6のBinding Updateメッセージに格納して、通信相手に送信する。通信相手とユーザ間で、利用するポリシーが一致するため、通信の往復において、ユーザのポリシーに沿ったインターフェイスを利用することが可能になる。本研究においては、複数インターフェイスの利用ではなく、複数のゲートウェイを利用する。このため、本研究では複数インターフェイス支援機構に拡張を行ない、複数ゲートウェイの利用を実現する必要がある。

Default Router Selectionの仕様では、ゲートウェイが送信したPreference Fieldの情報をもとにユーザがデフォルトルータを決定する。しかし、この機構には、ユーザのポリシーをもとにデフォルトルータを決定する機構は考えられていない。本研究では、インターネット接続の利用に関して、よりユーザの意図を反映させるため、複数インターフェイス支援機構の拡張を行ない、インターネット接続性利用機構を実現する。

4. DICOS の設計

本章では、接続性共有モデルの実現方法として、Dynamic Internet Connectivity Sharing(DICOS) の設計を行なう。DICOS における各機構の設計を述べ、また DICOS で用いるインターネット接続性情報について述べる。

4.1 機構構成

DICOS では、3.2 で述べた5つの機構のうち、内部ネットワーク構築機構を除く機構を、それぞれ独立した機構として実現する。内部ネットワーク構築機構に関しては、MANET などの既存技術を利用することが可能であるため、本論文では扱わない。

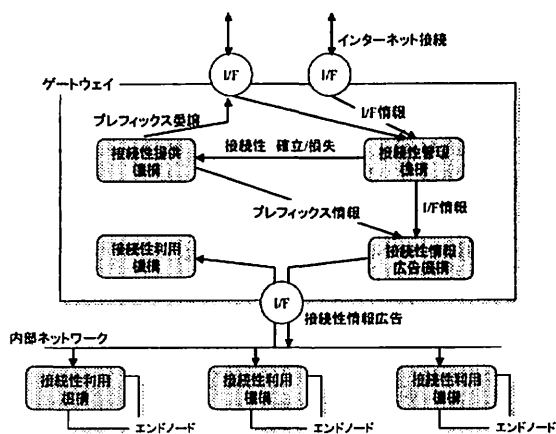


図3 各機構関連図

図3に各機構間の関連図を示す。接続性管理機構は、設定されたインターフェイスを監視し、接続状態や接続方法などのインターフェイス情報(I/F 情報)を取得する。本研究においては、接続状態・接続方法に加え、そのインターフェイスで利用できる帯域とインターフェイス名を取得する。インターネットへの接続性が変化した場合には、接続性提供機構に通知を行なう。インターフェイス情報は、接続性情報広告機構に渡される。

DICOS では複数ゲートウェイが存在する環境も想定する。ゲートウェイが複数存在する状況には、1つの計算機が複数のインターネット接続性を持つ場合と、複数の計算機がそれぞれインターネット接続性を持つ場合の2つがある。各エンドノードは接続性ごとの情報により、ゲートウェイを利用する。このため、ゲートウェイ情報は計算機ごとではなく、インターネット接続性ごとに扱う。複数のインターネット接続性を持つゲートウェイは複数のインターネット接続性情報を広告する。

接続性提供機構は、接続性管理機構から接続性確立の通知を受けると、上位ルータに対してプレフィックス委譲要求を送信し、プレフィックスの委譲を受ける。内部ネットワークに広告するプレフィックスを取得すると、接続性情報広告機構に対して、委譲されたプレフィックスの情報を通知する。逆に接続性が失われた場合には、プレフィックス情報を削除する。

接続性情報広告機構は、接続性提供機構および接続性管理機構からプレフィックス情報およびインターフェイス情報を受け取る。それらの情報からゲートウェイ情報を生成し、定

期的に広告を行なう。定期的な情報更新と広告により、ゲートウェイ情報に変化があった場合、計算機がその変化に対応可能になる。また後から集合に参加した計算機もそのゲートウェイを利用することが出来る。広告の間隔が短ければ、ゲートウェイの状態に即座に反応することが可能になるが、ゲートウェイへの負担は大きくなる。間隔が長ければ、その逆となる。広告間隔は、ネットワークへの負荷や計算機からの利用度に影響するため、広告を行なう間隔はユーザが設定可能である。

接続性利用機構は、接続性情報広告機構が広告した情報を受信し、ゲートウェイの利用を可能にする。その情報の発信元ゲートウェイがデフォルトゲートウェイになるゲートウェイであれば、プレフィックス情報から IPv6 アドレスの生成を行ない、経路を設定する。複数の接続性情報を受信する場合、つまり複数のゲートウェイが存在する場合の処理は4.4に既述する。

4.2 接続性情報取得

接続性管理機構では、接続性の定期的な監視を行なっている。接続性情報広告機構がインターフェイス情報を取得する方法としては、接続性管理機構に対して問合せを行なう方法もある。しかしその場合、接続性管理機構は常にインターフェイスの状態を保持する必要がある、オーバーヘッドが大きい。本研究では、接続性管理機構が、定期的に取得した接続性に関する情報を接続性情報広告機構に通知する手法を用いる。

4.3 情報広告手法

情報広告の手法には、発信元が情報を全計算機に送信する方法と、受信者が能動的に発信元に問合せする方法がある。DICOS における情報発信元は、自発的に出現するインターネット接続性を持つゲートウェイである。計算機から問合せを行なうためには、ゲートウェイの IP アドレスを知る必要がある。しかし、ゲートウェイの出現および消失はゲートウェイの自律的な判断によるため予測できない。このため、DICOS では、ゲートウェイが内部ネットワークの全ての計算機に対して、自分のインターネット接続性に関する情報を送信する方式を採用する。ゲートウェイからの送信手法には、フラッディングを用いる。ブロードキャストでは、単一のセグメントにしか情報を広告できない。内部ネットワークは、MANET などのマルチホップネットワークで構築されることも想定している。このためフラッディングを用いた広告を行なう。

4.4 複数ゲートウェイ利用手法

複数のインターネット接続性を利用するため、複数インターフェイス支援機構に拡張を加える。複数インターフェイス支援機構では、利用するフローと、各インターフェイスが持つ Care of Address との対応をポリシーとして設定する。DICOS では利用するフローに対して、利用したいゲートウェイが持つインターフェイスとの対応をポリシーとして設定する。接続性情報広告機構により取得したゲートウェイの情報から、ポリシーに合致するゲートウェイを選択し、そのフローで用いるゲートウェイを決定する。そして、そのゲートウェイから取得した Care of Address を送信元アドレスとして利用することにより、ゲートウェイを指定して利用することが可能となる。

5. 実 装

NetBSD-1.5.2 上で DICOS の実装を行なった。IPv6 スタックは *kame* プロジェクト¹⁰⁾ で実装されたものを利用する。

5.1 接続性管理機構の実装

接続性管理機構では、5 秒に 1 度設定されたインターフェイスの状態を検査する。インターフェイスの状態は、ユーザランドからカーネルに対するインターフェイスである *sysctl* コマンドを用いて取得する。取得した情報はインターフェイスごとに、連結リストとして格納される。

5.2 接続性提供機構の実装

Prefix Delegation 機構を、Router Advertisement メッセージおよび Router Solicitation メッセージに拡張を加えて実装した。インターネットへ接続した計算機は、Prefix Request Option を追加した Router Solicitation メッセージを All Routers Multicast Address¹¹⁾ に対して送信する。受信した上位ルータは、委譲するプレフィックスを Prefix Delegation Option 内に格納し、ユニキャストでリクエストを送信した計算機に対して送信する。

5.3 接続性情報広告機構の実装

フラッディング機構としては、汎用的なフラッディング機構である、Versatile Flooding DataBase System(VFDBS)¹²⁾ を用いた。

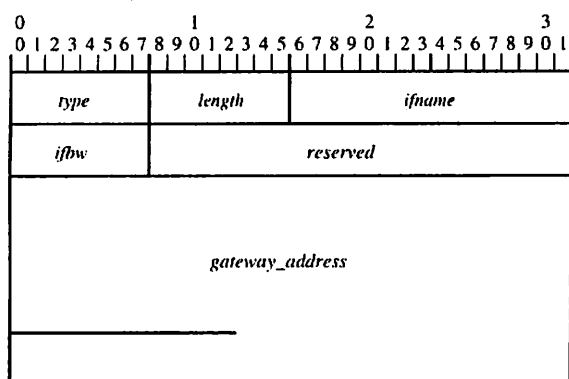


図4 ゲートウェイ情報

接続性情報広告機構では、格納されたインターフェイス情報を VFDBS により、定期的に内部ネットワーク内に広告する。図4に広告するゲートウェイ情報のフォーマットを示す。type フィールドにより、DICOS のメッセージであることを示す。length フィールドには、メッセージ全体の長さが格納される。ifname フィールドには、インターネットに接続しているインターフェイスの名称が格納され、ifbw フィールドには、そのゲートウェイで利用できる帯域幅が kbps の単位で格納される。gateway_address フィールドにはゲートウェイのインターネット側のインターフェイスが持つアドレスが格納される。また、ゲートウェイ情報の受信時には、新しいゲートウェイ情報かどうかを検査し、データベースに保持する。

5.4 接続性利用機構の実装

ユーザは設定ファイルにより、フローごとに利用するゲー

トウェイの情報を設定する。プロトコル・宛先アドレス・宛先ポートごとのフローに対してポリシーを設定することが可能である。ポリシーはデータベースに連結リストとして保持される。新しい接続性情報を取得すると、データベースをもとにそのゲートウェイで利用するフローを選択する。その結果、フローとそのゲートウェイから取得したプレフィックスの対応を取得する。選択されたポリシーはカーネル内に、カーネルへのインターフェイスである *ioctl* コマンドを用いて設定される。実際にデータを送信する際には、そのプレフィックスから生成された IPv6 アドレスを送信元アドレスとして利用する。

6. 実験・評価

本章では、DICOS の評価について述べる。本論文では、実験ネットワークを構築し、DICOS が実際に動作することを検証する。また、情報共有におけるネットワークに対するオーバーヘッドの計測も行なう。

6.1 実験ネットワークによる動作検証

本章では、ネットワーク内で DICOS を利用して、動的に出現するゲートウェイを利用するネットワークの構築を行なう。

実験から、動的な接続性を共有して通信を行なうことが可能となることを検証できる。

6.1.1 実験方法

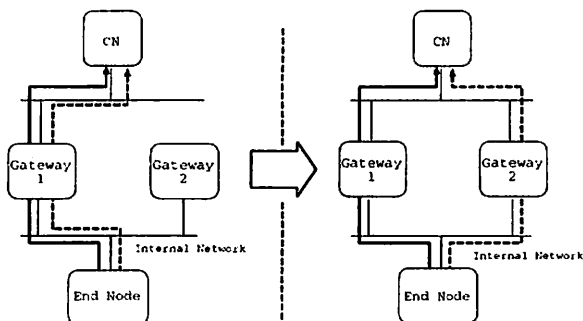


図5 実験環境

図5に実験環境を示す。2つのゲートウェイ (Gateway 1, 2)、エンドノード (End Node)、通信相手 (CN) が存在する。エンドノードは CN に対して、ICMP6 と TCP のデータを送信する。ICMP6 には、1000 バイトのデータを付加している。あらかじめポリシーとして、より広い帯域を持つゲートウェイに ICMP6 のフローを送信するように設定する。

初期状態では Gateway 2 は、CN との接続性を持たないため、エンドノードは 50 メガバイトの帯域を広告している Gateway 1 のみを利用して、2つのフローを送信する。その後、Gateway 2-CN 間を接続すると、エンドノードは Gateway 2 の情報を取得し、Gateway 2 の存在を認知する。Gateway 2 は 100 メガバイトの帯域を広告しているため、ポリシーに従い、ICMP6 のフローを Gateway 2 に、TCP のフローは Gateway 1 に向けて送信する。

6.1.2 測定結果

両ゲートウェイにおけるスループットの測定を行なった。図6に測定結果を示す。400 秒付近において、Gateway 1 で

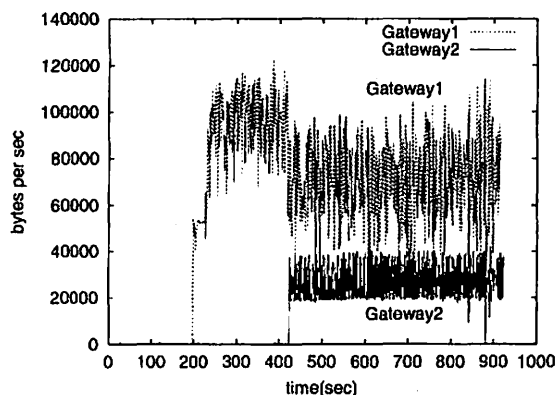


図6 各ゲートウェイにおけるスループット

のスループットが減少し、Gateway 2 のスループットが上昇している。この時点で、動的に出現した Gateway 2 を利用して、通信を行なっていることが分る。このように、DICOS を利用することにより動的に内部ネットワークに参加する計算機をゲートウェイとして利用することが可能となったことが分る。

6.2 情報共有のためのオーバーヘッドの評価

DICOS では、内部ネットワーク内でのゲートウェイ情報の共有をフラッディングにより実現している。フラッディング機構では、内部ネットワーク内の全計算機に対して情報を定期的に送信する。このため、情報共有のためのデータがネットワーク内の通信を阻害する可能性がある。フラッディングされるパケットのデータ量と頻度から、オーバーヘッドを表す数式を導き、オーバーヘッドが無視できる値であることを示す。

DICOS の処理において、内部ネットワーク内に送信されるパケットは以下ようになる。IPv6 ヘッダ (40 バイト) に続き VFDBS ヘッダ (36 バイト) が付加され、その後にゲートウェイ情報を含むデータ (40 バイト) が格納される。このため、一度に送信されるパケットは 116 バイトになる。このパケットは 5 秒に 1 度の間隔で送信される。内部ネットワーク内のゲートウェイの数を n 、送信されるゲートウェイ情報のサイズを $g(\text{bits})$ とすると、ゲートウェイ情報の共有のために送信される 1 秒あたりのデータ量 $D(\text{bps})$ は、数式 (1) のように求められる。

$$D = \frac{1}{5}gn \quad (g > 928) \quad (1)$$

この数式を実際の運用例にあてはめる。自動車内での通信に利用することを例にあげる。自動車内部の 4 人の乗客が移動計算機を利用して、インターネットへの接続を必要としている。この 4 人の内、3 人がインターネットへの接続性を持ちゲートウェイとして動作するとする。各ゲートウェイが 116 バイトの情報を送信すると、この状況では 348bps の帯域を占有することになる。例えば、内部ネットワークが 11Mbps の帯域を持つ無線 LAN で構成されている場合であっても、このオーバーヘッドは全く無視できる。インターネット接続性情報共有のための、ネットワークへの帯域負荷は無視できる範囲である。

7. 結 論

本研究では、接続性共有モデルの提案を行い、それに基づ

いた実際のシステムを構築した。接続性共有モデルの実現機構として、DICOS の実装を行なった。DICOS により、集合内のある計算機が自律的に確立したインターネット接続性を介して、計算機群を動的にインターネットに接続することが可能となった。また、複数のゲートウェイが存在する環境においてそれらを選択して、利用することも可能になった。動作検証は、実際に DICOS を用いたネットワークを構築し行なった。情報共有による帯域占有も非常に低いことも示した。

今後の課題としては、DICOS を用いた実用的ネットワークの構築が挙げられる。本研究においては、ゲートウェイ計算機自身の帯域の優先利用や、複数ゲートウェイが存在する場合のロードバランシング機構などは実現していない。また、ゲートウェイ利用時の認証なども行なっていないため、全ての計算機がゲートウェイを無制限に利用することが可能である。実際にネットワークを構築する場合には、ゲートウェイ利用時の認証や、ゲートウェイの持つ帯域資源を内部ネットワーク内で効率的に利用できる機構を組込む必要がある。これらの機能は、接続性情報広告機構に組込むことにより、実現が可能である。

参 考 文 献

- 1) インターネット自動車プロジェクト, July 2002. "http://www.sfc.wide.ad.jp/InternetCAR/".
- 2) H. Kokkinen. IPv6 Trial in Public Transportation and Real Estate, Dec 2001. Global IPv6 Summit in Japan 2001.
- 3) R. Wakikawa, Jari T. Malinen, Charles E. Perkins, Anders Nilsson, and Antti J. Tuominen. *Global connectivity for IPv6 Mobile Ad Hoc Networks*. IETF Internet Draft, November 2001. Work in Progress, draft-wakikawa-manet-global6-00.txt.
- 4) 湧川 隆次, 植原 啓介, 田村 陽介, 徳田 英幸. MIB-socket: 移動型計算機環境におけるネットワークエンティティの状態変化に対応する管理機構の設計と実装, April 1999. 情報処理学会 SIGOS 研究会.
- 5) O. Troan and R. Droms. "IPv6 Prefix Options for DHCPv6". IETF Internet Draft, May 2002. Work in Progress, draft-troan-dhcpv6-opt-prefix-delegation-01.txt.
- 6) T. Narten, E. Nordmark, and W. Simpson. *Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6)*, December 1998. RFC 2461.
- 7) Richard Draves. *Default Router Preference and More-Specific Routes*. IETF Internet Draft, March 2002. Work in Progress, draft-ietf-ipv6-router-selection-01.txt.
- 8) Ryuji Wakikawa, Keisuke Uehara, and Jun Murai. *Multiple Network Interface Support by Policy-Based Routing on Mobile IPv6*, Jun 2002. ICWM 2002.
- 9) D. Johnson, C. E. Perkins, and J. Arkko. *Mobility Support in IPv6*. IETF Internet Draft, June 2002. Work in Progress, draft-ietf-mobileip-ipv6-18.txt.
- 10) Kame project, July 2002. "http://www.kame.net".
- 11) R. Hinden and S. Deering. *IP Version 6 Addressing Architecture*, July 1998. RFC 2373.
- 12) 今泉 英明, 杉浦 一徳, 中村 修. ノード間通信インターフェイスに依存しない汎用フラッディング機構の実現, October 2001. インターネットコンファレンス.