

## SCMP: 通信回線共有方式 SHAKE における 制御メッセージプロトコル

橋本 豊大<sup>†</sup> 飯田 峰彦<sup>†</sup> 石原 進<sup>‡</sup> 水野 忠則<sup>‡</sup>

筆者らは移動携帯端末を所持するものがある空間内に集合したとき、各端末が協調して資源を共有し、より快適なモバイルコンピューティング環境を実現するための研究を行っている。その研究の一部として、複数の移動携帯端末を相互接続し、それぞれの端末が持つ外部通信路を共有することで、無線通信環境の品質向上を図り、より信頼性の高い通信を実現を目的とした通信回線共有方式を提案している。また、本方式を実現するためのプロトコルとして、通信回線共有プロトコル SHAKE を開発している。本稿では、通信回線共有方式において一時的に構築されるネットワークを動的に制御するために SHAKE 制御メッセージプロトコル (SCMP: SHAKE Control Message Protocol) を提案する。本プロトコルは移動携帯端末がネットワークへのスムーズな参加/離脱と、動的なメンバ制御を実現する。また、クラスタエントリテーブルと連携させることで、クラスタ管理の効率を向上を図る。

## SCMP: Control Message Protocol for Sharing Multiple Paths System

TOYOHIRO HASHIMOTO<sup>†</sup> MINEHIKO IIDA<sup>†</sup> SUSUMU ISHIHARA<sup>‡</sup> TADANORI MIZUNO<sup>‡</sup>

Mobile computing has been paid much attention in recent years. However, it has some problems such as narrow bandwidth, low reliability. To solve these problems, we have proposed "Sharing Multiple Paths System". In Sharing Multiple Paths System, some mobile hosts are connected each other and form a local network, which we call *cluster network*. Each mobile host has a channel connected with other mobile hosts and a channel connected with outside network such as Internet or LAN. When a mobile host sends data to a destination in the outside network, data transmission speed becomes higher even in the wireless communication environments by using multiple paths at the same time and sharing it with some mobile hosts. We have developed the protocol SHAKE (SHARED multilink procedures for a cluster network Environment) to realize the system. In this paper, we propose a method SCMP (SHAKE Control Message Protocol) for establishment of cluster network connection for Sharing Multiple Paths System. This method enables hosts to enter and leave the cluster network smoothly.

### 1 はじめに

近年、電子機器の小型化と高性能化により、ノートパソコンや PDA (Personal Digital Assistant) などの携帯可能な情報機器の利用が一般的になってきた。電子機器の技術の進歩はまた、携帯電話や PHS などの無線通信機器の発展をも促し、急激に普及させる要因ともなった。それに伴い、無線通信機器を通信手段として用い、携帯型計算機を情報端末としてネットワークに接続し、さまざまな協調作業を行うモバイルコンピューティングの概念が認知されつつある [1]。しかしながら有線と比較すると、無線通信環境は一般的に転送レートが低く、品質の変動が激しいという特徴を持っており、大容量のファイル転送や、容量の大きさに加えてリアルタイム性の強いマルチメディアデータ通信のような高度な通信サービス要求に応えることが難しい。

そこで筆者らは、携帯電話などによる外部への通信

路を持ち合わせた移動携帯端末を複数組み合わせ、それぞれの端末が持つ外部通信路を共有することで、広い帯域幅や高い信頼性を生みだし、高品質な通信を実現するための方式として、通信回線共有方式 [3] を提案している。これにより個々の通信能力は非力であっても、複数の端末の通信路を共有することで、一時的に大容量の回線を得ることができる。本方式の使用により、移動携帯端末と無線通信環境という組み合わせでは難しかったリアルタイムマルチメディアデータ通信が容易になる。

関連研究は大きく分けて次の 2 つに分けられる。

データ転送時に複数経路を使用して、品質の高い通信を行う研究としては、複数経路データ転送方式 [6] が挙げられる。この方式では、途中のルータから複数の経路を確保し、同時に並行して利用することで高い信頼性を実現している。また TCP を拡張するという方針で研究されているため、既存の技術を容易に活用できる。これに対し通信回線共有方式では、移動携帯端末自身が複数のネットワークインターフェイスを持つことを仮定しているため、複数経路へのパケットの振り分けが各ホスト上で行われるという点で異なる。また、通信回線共有方式では、通信路を共有する端

<sup>†</sup>静岡大学大学院理工学研究科  
Graduate School of Science and Engineering,  
Shizuoka University

<sup>‡</sup>静岡大学情報学部  
Faculty of Information, Shizuoka University

末のグループは、移動携帯端末によって一時的に構成される一種のアドホックネットワークであり、このグループ内の経路および端末の管理が必要である。

アドホックネットワークの構築に関する研究としては、IETF内のMANETワーキンググループ[8]により、ルーティングやデータ転送の研究が行われている。一方、自律分散通信プロトコル[7]は、多数の携帯端末間を結ぶ通信媒体として赤外線通信が用いられており、通信のために特別な機器や設定を必要としないという特徴がある。これに対し通信回線共有方式では、通信媒体には無線LANやBluetooth[9]などを想定している点で異なる。

筆者らは、本方式を実現するためのプロトコルとして、通信回線共有プロトコルSHAKE[4]を開発している。本稿では、通信回線共有方式において、移動先などで複数の移動携帯端末が集合することによって一時的に構築されるネットワークの部分に焦点を当て、ユーザが意識することなく、その一時的なネットワークへの参加や離脱を実現するための手法について提案する。

## 2 通信回線共有方式 SHAKE

### 2.1 概要

通信回線共有方式(図1)は、インターネットなどの外部ネットワークへの通信路を持った携帯端末が複数台集まったとき、それらを相互接続しそれぞれの外部通信路を共有し合うことで、論理的に回線を太くしたり、また、回線数やデータに冗長性を持たせることで、障害に強い通信を実現するものである。

本方式においては、外部通信路の共有を目的として形成されるアドホックネットワークのことを、従来のアドホックネットワークとの意味を区別するために、クラスタ(ネットワーク)と呼び、クラスタを形成するそれぞれの端末をクラスタメンバと呼んでいる。各クラスタメンバは、クラスタと外部ネットワークへの接続を行うために、複数のネットワークインター

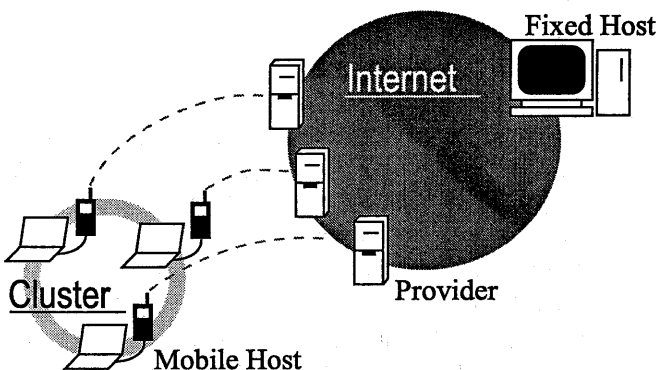


図1 通信回線共有方式の構成例

フェイスを持つ必要がある。例として、モデムカード、LANカード、Bluetoothなどの併用などが考えられる。そのため、クラスタ内の端末はクラスタ用のアドレス(以下クラスタアドレス)と外部ネットワークにおけるIPアドレス(以下グローバルアドレス)の複数のアドレスを持つ。本方式の採用によって、具体的には次のような利益を得ることができる。

- エンドツーエンド間のデータ転送レートの上昇と遅延の削減
- バースト的なトラフィックの分散とネットワークの負荷の均一化
- 異なる経路に冗長なパケットを流すことによる遅延とパケットロスの特性を改善、およびデータ転送の信頼性の向上
- クラスタを構成する各移動ホストは可動性に優れているため、どこでも動的にクラスタを形成可能
- クラスタとインターネットの接続経路はクラスタを形成する移動ホストがおのおの自由に選択可能
- 自ホストが外部通信路を持っていない場合でも、他のクラスタメンバの外部通信路を利用して、外部との通信を行うことが可能

現在、通信回線共有方式を実現するプロトコルとして、SHAKE (SHARED multilinK procedures for a cluster network Environment)が開発されている[2]。SHAKEプロトコルは、トランスポート層(TCP)とアプリケーション層の間に組み込まれ、SHAKEを利用する全てのメンバ(各クラスタメンバとその通信先ホスト)上に構築される。

SHAKEでは、まず複数の移動携帯端末間でTCPコネクションをメッシュ上に張り、クラスタを構築しておく。その後、上位層からのデータ転送要求に対し、あらかじめ用意しておいた複数の経路を用いてデータを転送する。

### 2.2 SHAKE プロトタイプの問題点

SHAKEプロトタイプ[2]はTCP/IP上で稼働しているため、通信処理の多くをTCPに依存している。TCPは高品質な通信制御を実現している反面、データグラム通信に比べオーバーヘッドが大きい。このことは複数のコネクション確立を行うSHAKEにとっては致命的な問題となる。[3]

第一の問題は、再送制御がTCPコネクション単位で管理されるため、一つの経路において複数の再送制御が行われてしまうことである。そのため、複数経路を積極的に活用した再送制御が困難となる。

第二の問題は、パケットの再整列処理において、経路途中の各リレーホスト上と目的ホスト上でそれぞれ再整列処理が行われてしまうということである。

上記の2つの問題は、スループットの低下を招く原因となる。

## 2.3 SHAKE2

そこで現在我々は、下位の処理をTCPに依存しない改良版SHAKEプロトコルSHAKE2を提案している[3]。SHAKE2プロトコルはパケット振り分け、再整列のオーバーヘッドをなくすため、UDP上に設置される。またSHAKE2では、SHAKE層はSHAKE A層と、SHAKE B層の2階層で構成される。SHAKE A層では、再整列処理など信頼性のある通信を実現し、SHAKE B層では複数経路の管理など、効率のよい転送を実現する。また図からわかるとおり、クラスタ内でのメンバ間の横のつながりと、クラスタ-固定ホスト間の仮想的なコネクションを実現しているのが、SHAKE B層である。

SHAKE2では、従来のSHAKEとは異なり動的にクラスタが構築されていく。そして一度クラスタが構築された後も、トポロジーの変化に応じてその形態を変えていく。したがって、あらかじめクラスタメンバ間でTCPコネクションを張るようなことはせず、まずはクラスタメンバの情報のみを蓄えておくことで、上位層からのデータ転送要求に備える。上位層からのデータ転送要求があった場合、SHAKE B層が仮想的にクラスタメンバ間で信頼性の高いコネクションを確立し、複数経路を用いたデータ転送を行う。

TCP/IPで例えるならば、SHAKE A層は高信頼性を保証するTCP、SHAKE B層はルーティングなどの管理を行うIPに相当する。

### SHAKE A 層

SHAKE A層では、おもに高信頼性を実現する役割を果たす。

送信側では、アプリケーション層から送られてきたデータをSHAKE A層でパケット単位に分割し、目的ホストに送信する。受信側では、複数の経路から送られてきたパケットを再整列し、正しい順序になおして上位のアプリケーション層に渡される。ACKの送信処理や再送処理はSHAKE A層で行われる。ただしどの経路を使って処理を行うかはSHAKE B層によって決定される。

### SHAKE B 層

SHAKE B層では、クラスタの構築や管理など、おもに転送効率の向上を目指す役割を果たす。

クラスタへの参加時には、他のクラスタメンバに参

加の意志を伝えるとともに、各クラスタメンバの情報を収集し、クラスタエントリテーブルを作成する。そして、常にクラスタ内を監視し続けることで、クラスタエントリテーブルは更新され、できる限り最新の状態に保たれる。SHAKE A層からパケットを受け取ると、クラスタエントリテーブルを参照し、目的ホストまでの最適な経路を選択して送信する。

また、リレーホストにおいては、SHAKE専用のパケットの転送を行う必要があるため、SHAKE B層が必要である。

## 3 クラスタの制御

### 3.1 目的

通信回線共有方式では、クラスタを構成するものとして、可動性に優れた移動携帯端末を想定している。そのため柔軟なクラスタの構築を実現できることが望ましい。しかし従来のSHAKEでは、動的なクラスタ制御については考慮されていなかった。

そこで、本節ではクラスタの構築とその管理手法を提案する。

### 3.2 方策

#### クラスタメンバ同士のつながり

各クラスタメンバはそれぞれ独立してクラスタ情報の管理を行う。参加や離脱、あるいは外部通信路の切断などのイベント発生時には、随時他のクラスタメンバへ通知する。

複数経路の管理を行うためには、あらかじめ他のクラスタメンバに関する情報として、外部通信路の使用状況やRTTなどの情報を収集しておく必要がある。このため、イベント発生時以外にも、必要に応じてそれぞれのクラスタメンバが持つ情報を交換することで、お互いのクラスタ管理を支援し合う。

集められた情報は、パケット振り分けや経路選択時に利用される。

### 3.3 提案手法

#### SHAKE制御メッセージプロトコル(SCMP)

SHAKE2では、各クラスタメンバ間で、転送データとは別に外部通信路の使用状況などの情報がやりとりされる。このためのプロトコルをSHAKE制御メッセージプロトコル(SCMP: SHAKE Control Message Protocol)と呼ぶことにする。SHAKE B層をIPと例えると、SCMPはICMPに相当する。SCMPには、他のクラスタメンバへの参加/離脱通知や、情報の問い合わせなどが用意されている。メッセージの多くは

ブロードキャストされるが、メッセージ自体は小さなものなので、許容範囲内であると考えられる。

SCMP については第 4 章で詳しく述べる。

## クラスタへの参加

クラスタへの参加時には、クラスタ内で SHAKE デーモンを起動すれば自動的にクラスタへ SCMP メッセージをブロードキャストする。クラスタが存在しない、あるいは他のクラスタメンバが存在しないといった理由から、メッセージに対する反応がない場合には、一定間隔でメッセージを送信し続け、他のクラスタメンバを探し続ける。

## クラスタからの離脱

SHAKE デーモンの終了時には、他のホストに対しブロードキャストにより離脱通知を行う。

# 4 SHAKE 制御メッセージプロトコル SCMP

## (SHAKE Control Message Protocol)

SHAKE2 では、各クラスタメンバ間、あるいは SHAKE A 層と B 層でのイベント通知のやりとりには、SHAKE 制御メッセージプロトコル (SCMP: SHAKE Control Message Protocol) を用いる。

### 4.1 SCMP メッセージ

SCMP メッセージの種類を、表 1 に示す。メッセージの詳細は以下のとおりである。

#### Hello(ClusterIP, IP)

クラスタ内において、自ホストの存在を通知する。クラスタへの参加時には、自ホストのクラスタアドレス (ClusterIP)、グローバルアドレス (IP) の情報を含んだ Hello メッセージを、参加するクラスタのブロードキャストアドレスに対して送信する。

他のホストから Hello メッセージを受け取ったホストは、まず送られてきた情報をそれぞれのマシンが持つクラスタエントリテーブルに追加する。その後 Hello メッセージの送信元に対し、自ホストの情報 (クラスタアドレス、グローバルアドレス、外部通信路の帯域幅、クラスタエントリテーブルの内容) を含んだ Hello メッセージを返信する。

#### Goodbye(ClusterIP)

クラスタ内において、自ホストの離脱を通知する。

クラスタからの離脱時には、自ホストのクラスタアドレス (ClusterIP) を含んだ Goodbye メッセージを、参加していたクラスタのブロードキャストアドレスに対して送信する。このメッセージは電波の途切れなど、不慮の切断という可能性を考えると、離脱時に必ずしも送信されるとは限らない。

他のホストから Goodbye メッセージを受け取ったホストは、クラスタエントリテーブルから、そのホストに関するエントリと、そのホストをリレーしているすべてのエントリを削除する。リレーを依頼していた場合はパケットを振り分け直す。

#### Relay(ClusterIP, DstIP, ID)

他のクラスタメンバが持つ外部通信路の使用許可を要求する。

他のクラスタメンバの外部通信路を利用してファイルの転送を行いたい場合に、自ホストのクラスタアドレス (ClusterIP) とセッションの管理 ID (ID)、セッション相手先のグローバルアドレス (DstIP) の情報とともに、参加しているクラスタネットワークのブロードキャストアドレスに送信する。

他のホストから Relay メッセージを受け取り、その要求を受け入れるホストは、メッセージ送信元に対し、セッションの管理 ID、自ホストのクラスタアドレス、提供する帯域幅の情報を含んだ Relay メッセージを返信する。この場合 DstIP は 0 にする。(この DstIP が 0 である Relay メッセージを Relay\_OK メッセージと呼ぶ)

#### Thanx(ClusterIP, IP, ID)

セッション管理 ID が ID であるセッションの終了を通知する。

#### Entrust(ClusterIP, IP, DstIP)

自ホストのセッション管理を他のクラスタメンバに委託してもらえよう要求する。

#### BrokenPipe(ClusterIP)

外部通信路の切断を通知する。

#### RTT(ClusterIP, DstIP)

外部通信路を用いた場合の DstIP までの RTT の算出を依頼する。

#### Info(ClusterIP, Type)

他のクラスタメンバが持つクラスタエントリテーブルの情報を要求する。

表 1 SHAKE Control Message Protocol メッセージのタイプ

メッセージのタイプ	説明
Hello(ClusterIP, IP)	クラスタへの参加
Goodbye(ClusterIP)	クラスタからの離脱
Relay(ClusterIP, DstIP, ID)	リレー要求／要求受け入れ
Thanx(ClusterIP, IP, ID)	転送終了通知
Entrust(ClusterIP, DstIP, ID)	通信処理委託／委託受け入れ
BrokenPipe(ClusterIP)	外部通信路の切断
RTT(ClusterIP, DstIP)	RTT の測定依頼
Partner(IP, DstIP, FriendIP, +/-, ID)	リレーホストの追加／削除
Info(ClusterIP, Type)	情報の要求

Partner(IP, DstIP, FriendIP, +/-, ID)

リレーホストの追加や削除を通知する。

クラスタ内でのトポロジの変化により、リレーホストの数に変動があった場合、自ホストのクラスタアドレス (ClusterIP) と追加／削除 (+/-) されるクラスタメンバのグローバルアドレス (FriendIP) を含む Partner メッセージを相手ホスト (固定ホスト) (DstIP) に送信する。

## 4.2 クラスタエントリテーブル

SHAKE では複数経路の管理や他のクラスタメンバの情報をクラスタエントリテーブルに蓄積する。クラスタエントリテーブルには、すべてのクラスタメンバのクラスタアドレスとグローバルアドレス、また他のクラスタメンバによる自ホストの外部通信路の使用状況、自ホストによる他のクラスタメンバの外部通信路の使用状況の情報が蓄えられている。クラスタエントリテーブルが蓄える情報には以下のものがある。

**No.** 管理用のホスト ID。

**ClusterIP** クラスタメンバのクラスタアドレス

**RealIP** クラスタメンバのグローバルアドレス

**Destination** データ転送を行っている相手ホストのグローバルアドレス

**Status** 自ホストにとっての、クラスタメンバの状態

**Share** 外部通信路の使用状況

**RTT** Destination までの Round Trip Time

テーブルの更新は、定期的な Info メッセージの発信や、他のクラスタメンバから SCMP メッセージを受信したときに行われる。この情報は、複数経路転送のための経路選択計算や、最適なパケット振り分けのための計算に使われる。

## 4.3 メッセージ交換の一例

### クラスタへの参加時 (図 2)

クラスタへの参加時には、自ホストの外部帯域幅の情報を持つ Hello メッセージをブロードキャストする。それを受け取った他のクラスタメンバは、同様に送信元に対して Hello メッセージを送り返す。Relay メッセージの交換により、経路および各経路への帯域の割り当てが決定される。

### クラスタからの離脱時 (図 3)

ホストがクラスタネットワークから離脱するときは、基本的に Goodbye メッセージをブロードキャストするが、無線通信環境においては予告なしの回線の切断等により、Goodbye メッセージが送信されないことがあり得る。その場合、残されたホストの中でその切断に気付いたホストが代わりに Goodbye メッセージをクラスタネットワーク内にブロードキャストする。

## 5 おわりに

本稿では、通信回線共有方式において、従来の SHAKE では十分に考慮されていなかった動的クラスタ制御について、SCMP やクラスタエントリテーブルを提案し、それを実現するための方策について述べた。SCMP により、SHAKE デーモン間での情報交換の効率がよくなり、柔軟なクラスタ制御が可能となると期待できる。

今後の課題として、外部通信路切断の感知をどのようにするか、またホスト数の増加にともなう SCMP パケットの増加による影響などについて検討を行っていく。また SHAKE の従来からの課題として残るパケット振り分けの制御、最適な再送経路選択、セキュリティなどとの関連についても、より詳細な検討が必要である。

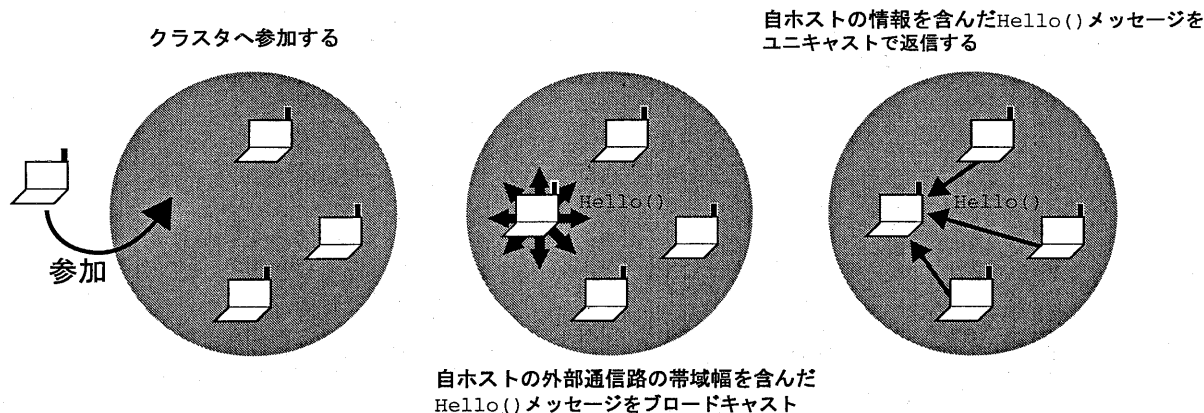


図 2 クラスタへの参加

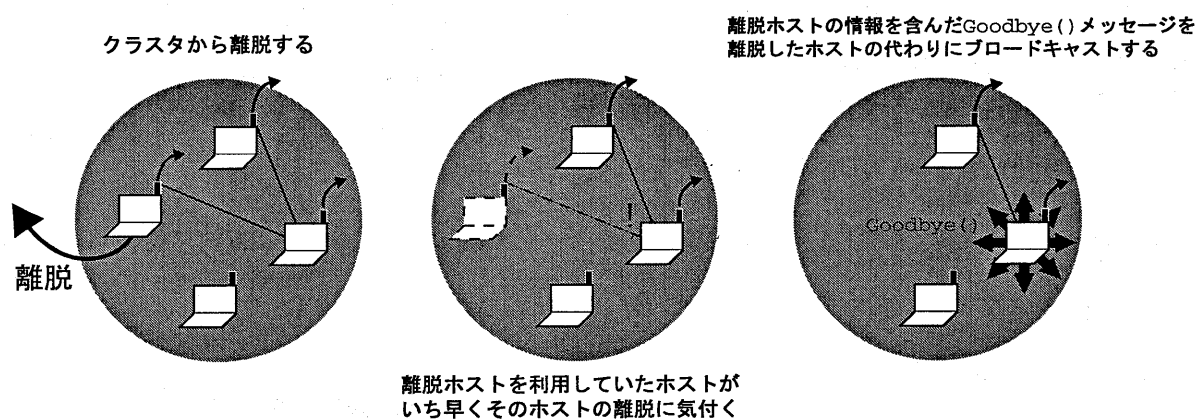


図 3 クラスタからの離脱

## 参考文献

- [1] 水野忠則, 太田 賢, “モバイルコンピューティングの現状と将来像,” 信学会誌, Vol. 80, No. 4, pp.318-323, Apr 1997.
- [2] H.Mineno, K.Junshu, K.Ohta, M.Aono, T.Ideguchi and T.Mizuno, “Multiple Paths Protocol for a Cluster Type Network,” 18th IEEE International Performance, Computing and Communicatins Conference (IPCCC '99), pp.150-156, Feb 1999.
- [3] H.Mineno, K.Ohta, M.Aono, T.Ideguchi and T.Mizuno, “A Proposal of a Protocol for Sahhar-ing Multiple Paths in Cluster Type Network,” Proceedings of 5th Intl. Workshop on MoMuc '98, 1998.
- [4] 峰野博史, 青野正宏, 太田 賢, 水野忠則, “クラスタ型ネットワークにおける通信回線共有方式の実装,” マルチメディア;分散;協調とモバイル (DICOMO '98) シンポジウム, Vol. 98, No. 8, pp.677-684, Jul 1998.
- [5] 飯田峰彦, 石原 進, 井手口哲夫, 水野忠則, “通信回線共有方式の耐障害性の検討,” 情処研報, Vol. 99, No. ITS-3, pp.41-48, Oct 1999.
- [6] 星谷直哉, 相田 仁, 斎藤 忠夫, “複数経路データ転送におけるコネクション指向プロトコルの提案,” 第 59 回情処全大, 1T-7, pp.349-350, 1999.
- [7] 河口信夫, 片桐秀樹, 内柴道浩, 外山勝彦, 稲垣康善, “モバイル環境下の自律分散通信の実現とその応用,” マルチメディア;分散;協調とモバイル (DICOMO '98) シンポジウム, Vol. 98, No. 8, pp.619-625, Jul 1998.
- [8] Mobile Ad-hoc Networks (manet) Charter: <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>
- [9] The Official Bluetooth SIG Website: <http://www.bluetooth.com/>