

## アドホックネットワークにおけるコンテキストウェア メッセージ交換システムのキャッシング方式の検討

今西孝也<sup>†1,†2</sup> 久住憲嗣<sup>†3</sup> 北須賀輝明<sup>†1</sup>  
中西恒夫<sup>†1,†4</sup> 福田晃<sup>†1</sup>

「コンテキストウェアメッセージ交換システム」は位置情報、時間、温度など特定のコンテキスト条件が一致したノードに対してメッセージを配信するサービスである。このメッセージ配信システムをアドホックネットワーク上にて稼働させる時、サーバに通信パケットが集中するため、サーバ付近にいるノードはパケット中継の機能にリソースをほとんどとられてしまう問題がある。そこで、メッセージ交換の際、メッセージ受信ノードは自ノードの近くにあるメッセージキャッシュノードからサーバを経由せず直接、メッセージ本体を受信する方式の提案を行った。この方式によりアドホックネットワーク上にてコンテキストウェアメッセージ交換システムに関わる各ノードのリソース消費は分散することが期待される。

### A Caching Model of a Context-aware Message Exchange System in an Ad-hoc Network

KOYA IMANISHI,<sup>†1,†2</sup> KENJI HISAZUMI,<sup>†3</sup> TERUAKI KITASUKA,<sup>†1</sup>  
TSUNEO NAKANISHI,<sup>†1,†4</sup> AKIRA FUKUDA<sup>†1</sup> and

The Context Aware Message Exchange System offers a service of message distribution to nodes chosen their context information, such as time, location, and temperature, and so on. When working this message distribution system on an ad-hoc network, in order that communication packets concentrate on a server, some nodes near the server will consume much resources for packet relay. In this paper, we propose that in the case of message exchange a node receives message contents directly from a near message cash node, not through the server. Distributing resource consumption of each node in connection with The Context Aware Message Exchange System on an ad-hoc network is expected by this architecture.

#### 1. はじめに

近年、携帯端末やインターネットの発展によるユビキタス環境の発展により、いろいろな場所でいろいろな人との電子メールの交換が可能となった。携帯端末には現在地表示、ツアーガイド<sup>1)</sup>、Web ブラウザ<sup>2)</sup>などの多彩なアプリケーションが開発され、さまざまな用途に利用されている。特に小型軽量である携帯電話には GPS や小型カメラが付けられ、位置情報や状況を

取得し、動的にメッセージを配送するメッセージサービスに利用されている<sup>3)</sup>。そして、この位置情報や状況をあつかうコンテキストウェアアプリケーションのアーキテクチャの研究が進められている<sup>4)</sup>。

一方ネットワーク環境として、無線 LAN 技術 (IEEE802.11)<sup>5)</sup>、Bluetooth<sup>6)</sup> のような短距離無線通信ネットワーク技術が普及し、ユーザは容易に屋内や野外で PDA 等を使用し無線通信することができるようになった。

この短距離無線通信ネットワーク技術を利用したネットワークプラットフォームとして、アドホックネットワーク<sup>7)</sup>が注目されている。このアドホックネットワークにおいては、それぞれのモバイルノードは通信を行なうホストとして機能するだけでなく、ルータとして働き、自立的にネットワークを構成する。ノードの通信範囲に無いノードとの通信においては、ルータとして機能するノード群がその通信パケットを中継し、通

†1 九州大学大学院システム情報科学府  
Graduate School of Information Science and Electrical  
Engineering, Kyushu University  
†2 高知県工業技術センター生産情報部  
Kochi Prefectural Industrial Technology Center  
†3 科学技術振興機構  
Japan science and technology agency  
†4 九州大学システム L S I 研究センター  
System LSI Research Center, Kyushu University

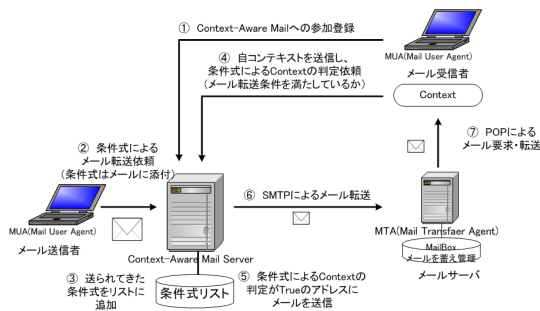


図 1 コンテキストアウェア電子メール配送システム  
 Fig. 1 Context-aware Email Delivery System

信を行なう。

これまで著者らは、位置情報や状況に基づく情報伝達方法として、図 1 コンテキストアウェア電子メール配送システム<sup>8)</sup>を提案してきた。このシステムを電子メールからより汎用的なメッセージ通信に発展させたものが「コンテキストアウェアメッセージ交換システム」である。これは、コンテキスト情報に基づいてメッセージ交換を行うため、まず、メッセージ送信ノードはコンテキスト条件式とメッセージをサーバに送り、条件式を満たすコンテキストにあるメッセージ受信ノードにメッセージを配送するシステムである。

このコンテキストアウェアメッセージ交換システムが通常の電子メールの protocols と同様の方式を使用して通信をしたとすると、サーバをメッセージが経由するため、通信パケットがサーバに集中することとなる。有線 LAN ではネットワークの負荷が増える程度で特に問題は無い。しかし、アドホックネットワーク上で、コンテキストアウェアメッセージ交換システムを構築し稼働させたとすると、サーバに通信パケットが集中するため、サーバ付近にいるノードは他ノードのためのパケット中継の機能にリソースをほとんどとられてしまう可能性がある。データ量の少ないメッセージであれば問題ないが、伝えられたメッセージがプログラム、絵、音、などから構成されていると、パケット中継のルータとして機能している間のノードは他ノードのためにリソースを浪費することとなる。ノードの電力消費や通信のリソースの消費がうまく分配できない事となる。図 2 にその例を示す。サーバの近くにいるノード 3 に通信が集中し、ノード 3 のみがリソースを非常に消費している事を表している。

本稿ではこのアドホックネットワーク上にて稼働する「コンテキストアウェアメッセージ交換システム」のメッセージキャッシュを用いたリソース分散について述べる。第 2 章ではアドホックネットワークの経路制御とコンテキストアウェアメッセージの例を記述し、

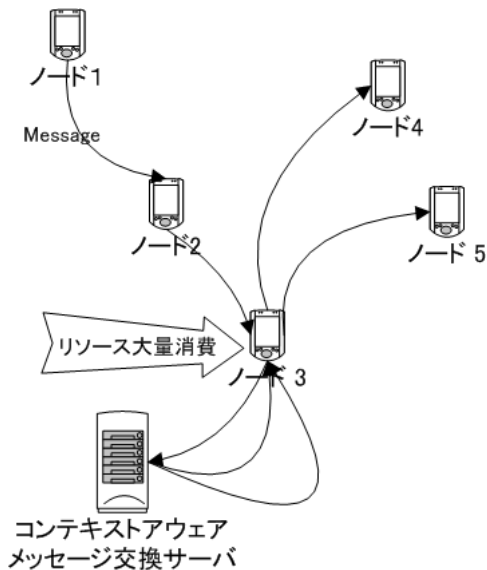


図 2 不均等なリソース消費の例  
 Fig. 2 An example of uneven resource distribution

第 3 章ではシステムの概要を記述し、第 4 章ではアーキテクチャの提案をおこない、第 5 章にまとめを記述する。

## 2. アドホックネットワークの経路制御とコンテキストアウェアメッセージの例

### 2.1 アドホックネットワークの経路制御

アドホックネットワークではネットワークの管理を行う基地局は存在していない。したがって、通信を開始する前に相手ノードはどこにいるのか、そのノードと通信するにはどのノードを中継すればよいのかということ調べ、通信経路を見つける必要がある。しかし、ノードは常に移動したり、新たなノードがネットワークに参加したり、電源オフ等でネットワーク上からノードが消滅したりすることが考えられる。このような環境において、複数ノードが自律的にネットワークを維持、構成するため、アドホックネットワークのために、様々なルーティングプロトコルが研究されている。ルーティングプロトコルには、通信する際に経路検索を行なうリアクティブ (Reactive) 型と事前に経路を見つけしておくプロアクティブ (Proactive) 型の主に 2 種類がある。リアクティブ型には DSR<sup>9)</sup> や AODV<sup>10)</sup> などがあり、プロアクティブ型には DSDV<sup>11)</sup> や OLSR<sup>12)</sup> などがある。また、LAR<sup>13)</sup> は位置情報を利用し経路制御を行う。アドホックネットワークは既存のコミュニケーションインフラストラクチャなしでネットワークを造ることができるので、地震等非常時の災害救助

人員のサポートなどの様々な応用として利用されると予想される。

## 2.2 コンテキストウェアメッセージの例

例えば、ある地域に重大な災難が発生した際、ここでは携帯電話やインターネットのような、ほとんどのコミュニケーション手段は崩壊し使用できなくなることが予想される。その対策として、災害発生時、アドホックネットワークを構成できる無線通信ノードを被災地域全般に配置し、緊急ネットワーク<sup>14)</sup>などが研究されている。この緊急ネットワークにより通信手段が確保された場合、無線携帯端末などにより通信が可能となる。そして、無線携帯端末をもった救援スタッフはこの災難現場において各自、無線携帯端末にてコミュニケーションをとりながら救援活動を行なう。文字通り、アドホックネットワークはこのとき「一時的な緊急ネットワーク」として機能することとなる。この無線携帯端末は通信パケットをリレーするルータノードとしても機能する。

仮にアドホックネットワークを構成できたとすると、災害発生時のコミュニケーションはノード名やEメールアドレスのような固有のIDを用いた通信に加え、状況に基づいた通信が必要である。たとえば、仮に被災地にアドホックネットワークを構成し通信可能になったとする。そして、無線携帯端末を持ち被災地Xに向かった救援スタッフAに対し、「被災地Xの状況」を尋ねるメッセージを送信したとする。その応答メッセージには次のメッセージが推測される。

- (1) 救援スタッフAが被災地Xに到着し、GPS等で位置を確認し、的確に被災地Xの状況を伝えている。
- (2) 救援スタッフAは被災地Xに行く途中の地点にあり、GPS等で位置を確認し、まだ被災地Xには居ないので被災地Xの状況を伝えることは出来ない。

特にこれで問題ない。しかしより迅速に被災地Xの状況を知るためには、スタッフAにメッセージを送信するより、「被災地Xにいる人」にメッセージを送信する方が的確なメッセージが返ってくる。実際に必要な情報は救援スタッフAが被災地Xについてかどうかではなく、被災地Xの状況である。つまり、救援スタッフAに尋ねなくても被災地Xに他のスタッフがいれば、「被災地Xの状況」を尋ねる方が当然のことである。また、いつスタッフが被災地Xに到着するのか災害時においては不確かな事である。誰が被災地Xにいるのか分からない災害時のような特殊な状況で、ノード名やEメールアドレスのような固有の

IDを基に通信するより状況に基づく通信の方がより効率がよいといえる。

## 3. コンテキストウェアメッセージ交換システムの概要

「コンテキストウェアメッセージ交換システム」は位置情報、温度など特定のコンテキスト条件に一致したノードに対してメッセージを配信するサービスである。たとえば、「自分の近くにいる人にメールを送る」といった位置情報に基づくサービスだけではなく、「暑い場所にいる人にドリンクの自動販売機の場所を教える」、災害時などに「2004年4月1日10:00から11:00の間にA駅付近にいる人にメッセージを送る」といったメッセージ受信者の置かれている状況、すなわちコンテキスト情報に基づいて情報伝達を行うものである。まず、メッセージ送信ノードはコンテキスト条件式とメッセージをサーバに送り、条件式を満たすコンテキストにあるメッセージ受信ノードにメッセージを配送するものである。

コンテキスト情報の例としては位置情報、温度、高度、などがある。これらのコンテキスト情報をパラメータとした論理式をコンテキスト条件式とし、コンテキスト情報の検索を行なう。本提案では、コンテキスト条件式には有効時間を設けその条件式が有効である期間を定める。これは送信されたコンテキストウェアメッセージの有効期間である。コンテキスト条件式の例を図3に示す。

例 2004年4月1日10:00~11:00の間で、福岡で温度25度以上の場合
有効期間 = 2004年4月1日10:00~11:00 AND 位置情報 = "福岡" AND 温度 > 25度

図3 コンテキスト条件式の例

Fig. 3 An example of context condition expression.

アドホックネットワーク上で、このコンテキストウェアメッセージ交換システムを稼働させると、サーバに通信パケットが集中するため、サーバ付近にいるノードは他ノードのためのパケット中継の機能にリソースをほとんどとられてしまう。つまり、パケット中継のルータとして機能している間のノードは他ノードのためにリソースを浪費することとなり、ノード間において均一なリソースの分配ができない事となる。そこで、「コンテキストウェアメッセージ交換システム」をアドホックネットワーク上で稼働させる場合、各ノードのリソース消費をキャッシュデータを用いて

分散させる方式を提案する。経路制御には AODV を使用することを前提にした。

#### 4. 提案アーキテクチャ

アドホックネットワーク上で稼働させるコンテキストウェアメッセージ交換システムの実装方法について、ノードとサーバについてそれぞれ示す。図 4 にノードとサーバとその間でやりとりされるデータフローについて示す。

##### 4.1 ノード

コンテキストウェアメッセージ配信サービスのクライアントであるノードには 5 つの機能がある。

- (1) コンテキスト条件式とメッセージを作成し、メッセージに ID を振る。サーバにはコンテキスト条件式とメッセージ ID のみをメッセージ登録要求として送る。メッセージ本体は自ノードに格納しておき、メッセージ受信要求があれば送信する。
- (2) 自ノードのセンサからコンテキスト情報を得てサーバにメッセージリスト要求を送信し、コンテキスト条件式を満たすメッセージ ID リストを受け取る。
- (3) メッセージ ID リストよりメッセージ本体の格納されているノードの中でもっとも近いノードにメッセージ受信要求を行い、メッセージ本体を受信する。
- (4) 受信したメッセージの存在時間まで保存し、自ノードはこのメッセージに対する受信要求があれば、メッセージ本体を送る。メッセージキャッシュノードの一つとして働く。
- (5) ルータとして動きメッセージを転送する。

##### 4.2 サーバ

コンテキストウェアメッセージ配信サーバの機能は 3 つである

- (1) メッセージ送信者から受け取ったメッセージ登録要求に記述されているコンテキスト条件式とメッセージ ID に送信ノードを加え、メッセージデータベースに格納する。同時に、送信ノードをこのメッセージのメッセージキャッシュノードとして登録する。
- (2) メッセージ受信者から受け取ったメッセージリスト要求に記述されているコンテキストを基に、メッセージデータベースに格納されている条件式を逐次に判断し、メッセージ受信者に条件を満たすメッセージキャッシュノードリストを返す。メッセージキャッシュノードリストにはメッ

セージ ID とそのメッセージを持っているキャッシュノードリストを記述しておく。

- (3) メッセージキャッシュノードリストを送ったノードを新たにメッセージキャッシュノードとして登録する。

##### 4.3 メッセージ

ノードとサーバ間でやりとりする主なメッセージを示す。

- (1) メッセージ登録要求送信ノードがサーバに送る。主にコンテキスト条件式とメッセージで構成される。サーバにおいて受信後、コンテキストウェアメッセージの登録が行われる。
- (2) メッセージリスト要求受信ノードがサーバに送る。主に自コンテキスト情報で構成される。サーバにおいて受信後、条件式に合うメッセージを検索し、メッセージキャッシュノードリストを作成する。
- (3) メッセージキャッシュノードリスト応答サーバが受信ノードに送る。主にメッセージキャッシュノードリストで構成される。メッセージリスト要求に対する応答であり、メッセージキャッシュノードリストを返す。
- (4) メッセージ受信要求受信ノードがメッセージを持つキャッシュノードに送る。主にメッセージ ID で構成される。メッセージキャッシュノードリストから得たメッセージ ID を送り、メッセージ本体の要求をおこなう。
- (5) メッセージ受信応答メッセージを持つキャッシュノードが受信ノードに送る。主にメッセージ本体で構成される。メッセージ ID で示されるメッセージ本体を返す。

##### 4.4 実行プロセス

###### ● 参加登録プロセス

コンテキストウェアメッセージ交換システムのクライアントとしてのノードがメッセージ交換処理に参加できるように、ノード ID(IP アドレスなど) をサーバに通知し、参加登録をする。

###### ● メッセージ登録プロセス

コンテキスト条件式とメッセージを送るために、送付者ノードは自ノード内でユニークなメッセージ ID を発生させ、メッセージ本体を送信する代わりに、コンテキスト条件式とメッセージ ID をサーバにメッセージ登録要求として送る。メッセージ登録要求を受けたサーバはメッセージ ID とノード ID と共にコンテキスト条件式をメッセージデータベースに追加する。このメッセージ ID とノード ID を合わせたものはコンテ

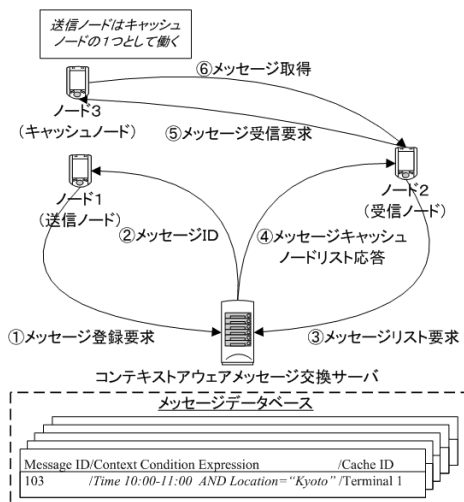


図 4 コンテキストウェアメッセージ交換システムのデータフロー  
Fig. 4 A data flow model of Context-aware Message Exchange System

キストアウェアメッセージ交換システムにおける固有 ID となり、メッセージにアクセスする際のキーとなる。同時に、送信ノードをこのメッセージのメッセージキャッシュノードとして登録する。

● メッセージキャッシュ受信プロセス

図 5 は、メッセージキャッシュ受信プロセスを示している。メッセージを受信しようとするそれぞれのノードは自コンテキスト情報をメッセージリスト要求に載せサーバに送る。サーバはこのリスト要求を受け取りたい、このコンテキスト情報がコンテキスト条件式に合致するメッセージがあるかどうかメッセージデータベース内にて検索を行う。検索結果が合致すれば登録されているメッセージの ID とメッセージキャッシュノードリストとをメッセージ受信ノードに送り返す。そして、サーバはこの受信ノードを新たにメッセージキャッシュリストに追加する。

● メッセージ受信プロセス

メッセージ受信ノードがメッセージキャッシュノードリストを得た後、このリストから最も近いキャッシュノードを選択し、そのノードにメッセージ受信要求を送信し、メッセージ本体を受信しようと試みる。もし、そのノードからメッセージを受信できないならば、メッセージキャッシュノードリストから 2 番目に近いノードを選択し、再度受信を試みる。ノード選択における距離はルートテーブルで持っているホップカウントなどで判断する。このルートテーブルは AODV, DSDV などのアドホックネットワークルーティングプロトコルによって作成されたものを使用する。

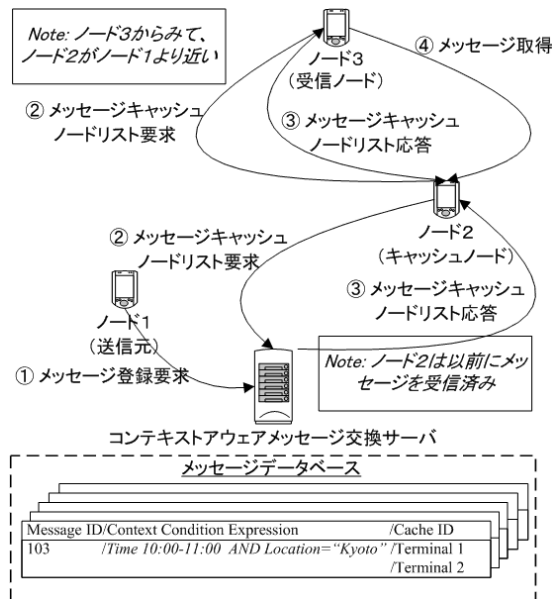


図 5 メッセージ受信プロセス  
Fig. 5 Message Receiving Process

4.5 キャッシュノード

キャッシュノードの決定方式を図 6 に示す。メッセージ受信ノードがメッセージを得るためのキャッシュノードを決定するに当たり、採用しているルーティングプロトコルに AODV, DSDV などがあれば、ルートテーブルのホップカウントを利用する。しかし、ルーティングプロトコルがルートテーブルを使用しない場合やホップカウントが取り出せない場合であれば、キャッシュノード決定のために、ランダムに手当たりしたいノードを選択してゆく。

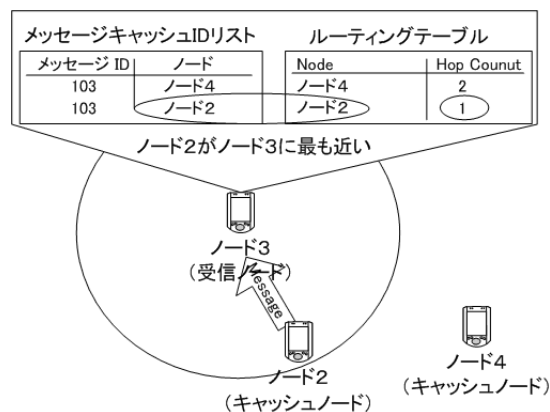


図 6 キャッシュノードの決定方式  
Fig. 6 Decision of Message Cache

## 5. ま と め

本稿では、割り振られた ID ではなく通信ノードの状況に基づきメッセージ交換を行うコンテキストウェアメッセージ交換システムをアドホックネットワーク上で稼働させるアーキテクチャについて提案した。メッセージ本体をサーバから取得するのではなく、メッセージを持っているノードのリストをサーバから受け取り、メッセージ本体はそのノードから受け取る方式の検討を行った。サーバへの問い合わせが減るため、アドホックネットワークにおいてはサーバとその付近に存在するノードへの通信量が減り、リソースに消費が偏らないと推測される。

今後の課題は、実際に提案したコンテキストウェアメッセージ交換システムのシミュレーションを実行し、それを評価する事である。さらに、評価システムを構築し、利用者の意見を聞くなど、試験運用にて評価を行い、ベンチマークテストを実施し、定量的に評価していきたい。

## 参 考 文 献

- 1) Gregory D. Abowd, Christopher G. Atkeson, Jason Hong, Sue Long, Rob Kooper, and Mike Pinkerton, *Cyberguide: A Mobile Context-aware Tour Guide*, ACM Wireless Networks, pp.421-433, Oct 1997.
- 2) NTT ドコモ, 「DoCoMo Net - i モード」, "[http://www.nttdocomo.co.jp/p\\_s/imode/](http://www.nttdocomo.co.jp/p_s/imode/)"
- 3) 中西泰人, 辻貴孝, 大山実, 箱崎勝也, 「Context Aware Messaging Service: 位置情報とスケジュール情報を用いたコミュニケーションシステムの構築および運用実験」, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.7, pp.1847-1857, 2001
- 4) Daniel Salber, Anind K. Dey, and Gregory D. Abowd, *The Context Toolkit: Aiding the Development of Context-Enabled applications*, Conf. on Human Factors in Computing Systems (CHI'99), pp.434-441, May 1999.
- 5) IEEE Standards Department, IEEE 802.11 standard for wireless LAN, medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications, 1997.
- 6) Jennifer Bray and Charles F. Sturman, *Bluetooth: Connect Without Cables*. Prentice Hall, 2001
- 7) C-K. Toh 著, 構造計画研究所 訳, 『アドホックモバイルワイヤレスネットワーク』, 共立出版, 2003 年
- 8) 今西 孝也, 久住 憲嗣, 中西 恒夫, 北須賀 輝明, 福田 晃, 「コンテキストウェア電子メール配送システム」, 情処 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2003) シンポジウム論文集, pp. 733-736, 2003 年 6 月
- 9) David B. Johnson, David A. Maltz, and Yih-Chun Hu, *The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)*, draft-ietf-manet-dsr-09.txt, IETF MANET Working Group, April 2003.
- 10) C. Perkins, E. Beldinf-Royer, and S. Das, *Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing*, IETF RFC3561, July 2003.
- 11) C. E. Perkins and P. Bhagwat, *Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers*, Proceedings of ACM SIGCOMM'94, pp.234-244, September 1994.
- 12) P. Jacquet, P. Muhlethaler, A. Qayyum, A. Laouiti, L. Viennot and T. Clausen, *Optimized Link state routing protocol. Internet Draft*, draft-ietf-56manet-olsr-04.txt, September 2001.
- 13) Y. Ko and N. Vaidya, *Location-aided routing (LAR) in mobile ad hoc networks.*, In Proceedings of MobiCom pp.66-75, 1998.
- 14) 篠田孝祐, 野田五十樹, 國藤進 「人の繋がりを利用したアドホックネットワーク環境を用いた災害時情報支援」, 情処 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2003) シンポジウム論文集, pp. 45-48, 2003 年 6 月