

YABUMI:アドホックネットワークにおける 位置情報を考慮した SIP シグナリング手法

宮崎翔平[†] 鈴木亮平[§] 石塚宏紀[†] 戸辺義人[‡]

[†] 東京電機大学大学院 工学研究科 情報メディア学専攻

[‡] 東京電機大学 工学部 情報メディア学科

[§] 東京大学大学院 情報理工学系研究科 電子情報学専攻先端技術研究科

近年、VoIPを実現するためのシグナリングとして SIP が注目されており、無線端末のみで構成されるアドホックネットワークにおいても SIP を用いるための技術が提案されている。しかしながら、既存の SIP のシグナリング手法では、明確な宛先ユーザを指定しなければならず、災害時において汚染地域や二次災害の迫っている地域への通信など、特定地域に対してセッションを確立する必要がある場合等、宛先ユーザでなく位置を指定するのが好ましい場合がある。そこで、我々は SIP を拡張し、アドホックネットワークにおいてルーティングプロトコルに依存せずに位置情報を考慮した SIP のシグナリング手法として YABUMI(sYstem for Area Based sip signaling Upon Mobile ad hoc networks)を提案する。本稿では YABUMI の提案手法と実験による議論を述べる。

The SIP signaling technique using the position information over Mobile ad hoc networks

Shohei Miyazaki[†], Ryohei Suzuki[§], Hiroki Ishizuka[†] and Yoshito Tobe[‡]

[†] Graduate school of Information and Media Engineering, Tokyo Denki University

[‡] Department of Information Systems and Multimedia Design, Tokyo Denki University

[§] Department of Information and Communication Engineering, University of Tokyo

In recent years, SIP is being paid much attention for realigning voice over IP, and an application of SIP to ad hoc networks is also proposed. Although SIP deals with location as a user's current domain such as a company or a university, the user cannot set up SIP signaling to a host in a specific area or at specific position which are defined by coordinate such as latitude and longitude. In this paper, we propose a sYstem for Area Based SIP signaling Upon Mobile ad hoc networks (YABUMI). In YABUMI, since we have extended SIP, YABUMI is independent from MANET routing protocol. In this paper, we describe a design and an evaluation from implementation of a prototype.

1. はじめに

近年、大規模自然災害時や砂漠、北極、宇宙空間など現在の技術ではネットワーク・インフラの構築が困難な環境下で通信を行うための手段としてモバイルアドホックネットワーク(MANET)が注目されている。MANETは802.11xやBluetoothなどの技術を用いながらアクセスポイントを介さずに多数の無線端末を直接相互接続するネットワークであり、無線の電波が届かない端末同士の通信には中継となるノードがデータをバケツリレーのように中継する機能を有する。

一方、SIP(Session Initiation Protocol)⁴⁾という通信制御プロトコルを用いたVoIP(Voice over Internet Protocol)という音声や映像などのマルチメディア通信が注目を集めている。SIPを用いた代表的なアプリケーションとしてビデオ会議やIP電話、インスタントメッセージャーが挙げられる。SIPは人だけでなく情報家電などのモノともリアルタイム通信が可能であり、今後の技術発展が期待されている。

インフラが失われるような大規模な災害やテロが発生した場合、被災地での避難民が所持している通信デ

バイスとして携帯電話や PDA などが想定されるが、インフラが失われる環境において、通常の通話は不可能であるため、インフラを必要としない MANET を利用して、通信を行う必要性が考えられる。そのため、MANET 環境において SIP を動作させる研究がなされている⁹⁾¹⁰⁾。

しかしながら、有害物質における汚染地域や二次災害の迫っている地域もしくはテロの発生による危険区域への通信など特定地域に対して対応を行う必要が生じた場合、既存の SIP のシグナリング手法ではセッションを確立するために宛先のユーザ名、ホスト名についての情報が既知でなければならぬ。一般に、避難所など特定地域に存在する人やモノを特定することは困難である。もし、位置情報を基にしてシグナリングを行うことができれば実世界上の特定地域宛どこにでもシグナリングを行うことができる。さらに、既存の MANET のルーティングプロトコルを拡張した様々な提案が挙げられる⁸⁾¹²⁾が現場状況に適したルーティングプロトコルを選択する必要がある、その中で動作するアプリケーションはルーティングプロトコルに非依存でなくてはならない。

以上の背景から、我々は既存の SIP を拡張し、MANET において位置情報を考慮した SIP のシグナリング手法として YABUMI(sYstem for Area Based sip signaling Upon Mobile ad hoc networks)を設計し、そのプロトタイプの実験、評価を行った。

本論文の構成は、次章で YABUMI の設計について述べ、3章で YABUMI の実装について述べる。4章では実装した YABUMI プロトタイプの実験とその評価について述べる。5章ではサーバ選択手法について議論する。6章で関連研究について述べ、最後に7章にて本論文をまとめる。

2. 設計

本章では YABUMI の目的及び前提条件と詳細設計について述べる。

2.1 目的及び前提条件

MANET 環境にて、ルーティングプロトコルに依存せずに特定地域を対象にした VoIP 通信を行うためには、位置情報を含ませた SIP シグナリングが必要である。そこで、YABUMI は既存の VoIP 通信との併用を考慮し、既存の SIP メッセージメソッドを用いて位置情報を扱う拡張 SIP シグナリングを行うことを目的とする。

本研究におけるモバイル端末は GPS の利用など既存の位置情報取得手法によって位置情報を保持していることを前提とする。

位置情報を取得する方法はセンサネットワーク用に提案されており¹¹⁾¹⁴⁾、位置情報を得るためにそれらを利用することも考えられる。

2.2 設計指針

YABUMI では以下の3つを設計指針とする。

2.2.1 SIP ヘッダの拡張

YABUMI では地域宛にシグナリングを行う場合は、SIP において位置情報を扱うことが必須になる。そのため、INVITE や REGISTER などといった各 SIP メッセージのヘッダフィールドに新たに位置情報を扱うためのヘッダを追加する。また、従来の SIPURI ベースのシグナリングと併用して動作可能になるように既存のメソッドのみを扱うこととする。

2.2.2 地理情報を指定したシグナリング

具体的な宛先ユーザを指定するのではなく、避難所や公園など実世界上の位置情報を宛先とした INVITE メッセージを送信し、セッションを確立する。

2.2.3 ルーティングプロトコル非依存

被災地などの環境によって有効な MANET のルーティングプロトコルが異なることが想定される。例えば、ノードの移動性が高い場合は一般に AODV(Ad-Hoc on-demand distance Vector Routing)¹³⁾や DSR(Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks)⁹⁾などリアクティブ型プロトコルが適しているとされる。逆にノードの移動性が低い場合は OLSR(Optimized link state routing protocol)¹⁾などのプロアクティブ型プロトコルが適しているとされている。また、それらのルーティングプロトコルを拡張したプロトコルも数多く提案されている⁸⁾¹²⁾。そのため、環境に適したルーティングプロトコルを選択可能にするために、YABUMI の動作は MANET のルーティングプロトコルには非依存とする。

2.3 シグナリング手法

本項では今回実装した YABUMI プロトタイプのシグナリングの流れを示す。クライアントノード user1,user2 が従来の SIPURI 情報である自身のユーザ

名, IP アドレス, ホスト名に加え, 位置情報を X 座標を XPOSITION, Y 座標を YPOSITION として REGISTER メッセージに含み, サーバノードに送信する. SIP プロキシサーバノードは, 受信した REGISTER メッセージを解析し, 従来の SIPURI を管理している urlmap 構造体に XPOSITION, YPOSITION を新たに対応付けて管理する. 位置情報宛てにシグナリングを行う場合, user1 は SIPURI に <p@xxx> と入力し, 位置情報送信モードする. INVITE メッセージに Xquery ヘッダと Yquery ヘッダが付加され, 拡張 INVITE メッセージとしてサーバノードに送信される. 拡張 INVITE メッセージを受信したサーバノードは, メッセージヘッダの位置情報(Xquery,Yquery)と管理してある各クライアントノードの位置情報を比較し, 一致した場合は INVITE メッセージを一致したクライアントノードに転送する. もし, 一致するクライアントノードが無かった場合は, エラーメッセージを発信元ノードに送信する. 一致した後のメッセージ及び既存のメッセージについても INVITE メッセージ同様にサーバノードにて urlmap を参照することで宛先を書き換え, 従来の SIP と同様の動作を行う. INVITE メッセージを受信したサーバノードの動作アルゴリズムを図 1 に示す. また, 図 2 に上記の YABUMI プロトタイプシグナリングの流れを示す.

Algorithm 1 Server node algorithm

- 1: diff(query of position, already registered position): compare query of position with the already registered position{TRUE,FALSE}
- 2: if INVITE message contain Xquery and Yquery then
- 3: for all there is a host by whom position information is registered do
- 4: if diff(Xquery,XPOSITION) = TRUE && diff(Yquery,YPOSITION) = TRUE then
- 5: rewrite(message){username and host in TO header of message are rewritten to registered username and hostname}
- 6: send(client){forward INVITE message to destination host indicated by TO header}
- 7: else
- 8: error(client){send unreachable message to client}
- 9: end if
- 10: end for
- 11: else
- 12: send(client){forward INVITE message to destination host indicated by TO header}
- 13: end if

図 1 サーバの INVITE 受信時動作アルゴリズム

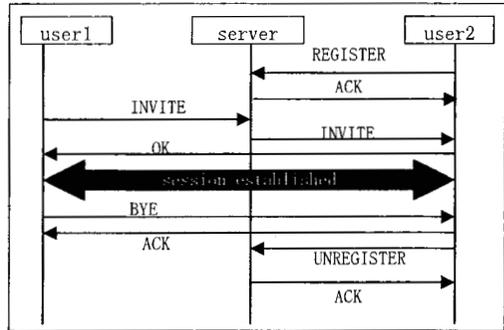


図 2 YABUMI プロトタイプの流れ図

3. 実装

各クライアントノードが自身の位置情報を管理するため, 今回は固定値として X,Y 座標を保持させ, その情報をそれぞれ XPOSITION, YPOSITION として SIP のメッセージヘッダに含み, シグナリングに利用する.

本章では今回実装した YABUMI プロトタイプの実装内容について述べる.

3.1 拡張 REGISTER メッセージ

YABUMI では, SIP サーバに自ノードの情報を登録する際に位置情報も登録する必要がある. よって, 通常の REGISTER メッセージのヘッダ情報に X,Y 座標を扱うための XPOSITION 及び YPOSITION というヘッダを拡張した. 実際に作成した拡張 REGISTER メッセージの一部抜粋を図 3 に示す. 図 3 の場合は現在の位置を X,Y 座標上の(10,10)に user1 というクライアントノードが存在していることを示す.

```

REGISTER sip:svr.voip.org SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP192.168.0.101:5060;
branch=z9hG4bK1616930899-6916
Max-Forwards: 70
From: user1<sip:user1@ua1.voip.org>;tag=s47793
To: user1<sip:user1@ua1.voip.org>
XPOSITION: 10
YPOSITION: 10
Call-ID: 27-2362-1421@ua1.voip.org
  
```

図 3 YABUMI 上での拡張 REGISTER メッセージ

3.2 拡張 INVITE メッセージ

位置情報を宛先にした場合, 宛先となるユーザの SIPURI は一般には不明である. そこで, SIPURI が未知のユーザに対して位置情報宛てにシグナリングを行うために呼制御の INVITE メッセージを拡張した. 拡

張 INVITE メッセージでは位置情報宛てとしてシグナリングを行うために X,Y 座標を問い合わせる Xquery と Yquery というヘッダを定義した。実際に拡張した INVITE メッセージの一部抜粋を以下に示す。今回の YABUMI プロトタイプでは、宛先の SIPURI 入力時に <p@xxx> と入力することで XPOSITION, YPOSITION を指定するモードになる仕様になっている。作成した拡張 INVITE メッセージの一部抜粋を図 4 に示す。

```
INVITE sip:p@xxx SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP192.168.0.101:5060;
branch=z9hG4bK1616930899-6916
Max-Forwards: 70
From: user1<sip:user1@ua1.voip.org>;tag=s47793
To: p <sip:p@xxx>
Xquery : 10
Yquery : 10
Call-ID: 27-2362-1421@ua1.voip.org
```

図 4 拡張 INVITE メッセージ

3.3 urlmap

サーバノード側では、各クライアントノードのユーザ名、IP アドレス、FQDN(Fully-Qualified Domain Name)などを管理する urlmap 構造体に XPOSITION, YPOSITION を新たに対応付けて管理できるように拡張した。

3.4 SIP ライブラリ

今回拡張したヘッダを扱うために、SIP ライブラリ³⁾に XPOSITION, YPOSITION, Xquery, Yquery を拡張した。作成した拡張 SIP ライブラリの一部抜粋を図 5 に示す。osip_message_get_xposition()関数は SIP ヘッダ内にある XPOSITION ヘッダを探すためにあり、既存の osip_message_header_get_byname() 関数を用いて XPOSITION ヘッダを扱うために変更した。パラメータ内の sip は対象の SIP メッセージ、pos は SIP メッセージ内で取得する文字列、dest は対象の SIP メッセージのヘッダフィールドを示すポインタをそれぞれ示す。さらに、osip_message_set_xposition()関数は SIP

```
#define
osip_message_get_xposition(sip,pos,dest)
osip_message_header_get_byname(( osip_message_t *)sip,(const char *)"xposition",pos,(osip_header_t **)dest)

#define
osip_message_set_xposition(sip,value)
osip_message_set_header((osip_message_t *)sip,(const char *)"XPOSITION",value
```

図 5 拡張 SIP ライブラリ

ッダフィールドに XPOSITION を加えるために作成し、既存の osip_message_header_set_header() 関数を XPOSITION を扱うために変更した。パラメータ内の sip は加える対象の SIP メッセージを示し、value は追加する内容を示す。

4. 実験

本章では今回実装した YABUMI プロトタイプの実験環境と評価について述べる。実験では無線デバイスとして IEEE802.11b を使い、ad hoc モードのみの場合と AODV を利用した場合にてシグナリングを行った。今回の実装ではクライアントノード 2 台と各ノードの位置情報を管理するため、SIP プロキシサーバとなるノード 1 台の計 3 台を設置し、すべてのノードが同じ無線範囲内に存在している状態とした。また、3 台のノードのユーザ名、IP アドレスなどの設定情報を表 1 に示す。

表 1 実験ノードの設定情報

ユーザ名	IP アドレス	位置	用途
svr	192.168.0.100		サーバ
user1	192.168.0.101	(20,20)	クライアント
user2	192.168.0.102	(10,10)	クライアント

今回のプロトタイプではサーバの X, Y 座標の位置は指定せず、REGISTER メッセージは直接サーバに届く仕様となっている。今回の実験に用いたノードのスペックを以下に述べる。

- CPU – Intel Pentium III 1.066Mhz.
- Ram – 256 MB.
- Wireless card – 802.11b BUFFALO
- Fedora Core 4

実験のトポロジを図 6 に示す。今回は INVITE メッセージがサーバを経由してセッションを確立することを確認するために、ad hoc モードでの実験中に Ethereal²⁾を用いてパケットを観測した。観測した結果の一部抜粋を図 7 に示す。

図 7 において、クライアントノードである user1 の位置情報宛 INVITE メッセージが、サーバノード svr を経由して user2 に転送されていることが確認できる。また、INVITE メッセージと同様に、既存の trying, Ringing, OK メッセージも転送されていることも確認

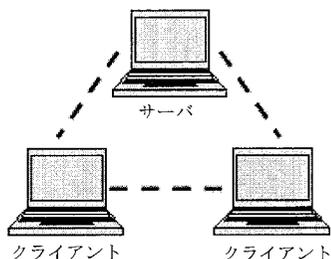


図 6 実験時のトポロジ

Source	Destination	Protocol	Info
192.168.0.101	192.168.0.100	SIP	ACK: 200 OK, with session description
192.168.0.100	192.168.0.102	SIP	Request: INVITE sip:user2@192.168.0.102
192.168.0.102	192.168.0.100	SIP	Status: 100 Trying
192.168.0.102	192.168.0.100	SIP	Status: 180 Ringing
192.168.0.100	192.168.0.101	SIP	Status: 100 Trying
192.168.0.100	192.168.0.101	SIP	Status: 180 Ringing
192.168.0.102	192.168.0.100	SIP	Status: 200 OK, with session description
192.168.0.100	192.168.0.101	SIP	Status: 200 OK, with session description
192.168.0.101	192.168.0.100	SIP	Request: ACK sip:p9a
192.168.0.100	192.168.0.102	SIP	Request: ACK sip:user2@192.168.0.102

図 7 Ethreal においてパケットを観測した結果

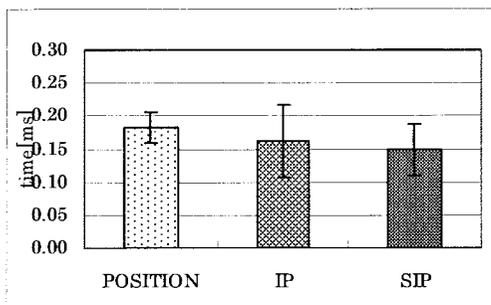


図 8 ad hoc モードにおける測定結果

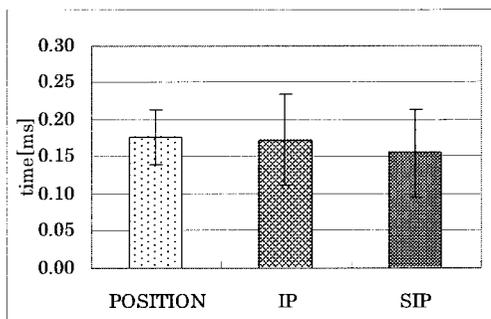


図 9 AODV における測定結果

できる。

評価として、対象のクライアントノード宛てに INVITE メッセージを送信し、自クライアントノードが OK メッセージを受信するまでの時間を ad hoc モードのみの場合、AODV を利用した場合共にそれぞれ 80 回測定し、その平均時間を基準とした標準偏差を

誤差範囲としたグラフを実験結果として図 8, 図 9 に示す。図 8, 図 9 において、“POSITION” は位置情報宛て、“IP” は YABUMI を用いて従来の IP ベースである SIPURI 宛て、“SIP” はクライアント側、サーバ側共に従来の SIP 環境を用いて IP ベースの SIPURI 宛てとして、同じ宛先ノードに対してそれぞれシグナリングを行ったことを示す。

この結果から、シングルホップの場合において、ad hoc モードのみの場合、AODV を用いた場合共に YABUMI は従来の SIPURI 宛てのシグナリングと比較し、その平均時間を基準とした標準偏差が誤差範囲に収まったことから、ほとんど遅延がなくシグナリングを行うことができることを確認できた。

5. サーバ選択手法

アドホックネットワークは一般に中央で管理するサーバは存在しない。しかしながら、YABUMI では SIP のシグナリングを行うため、SIP サーバの役割となるノードが必須となる。よって我々はサーバノードの選択手法を提案する。図 10 に提案アルゴリズムを示す。

サーバになるノードはストレージやメモリなどサーバになりうる能力が十分にあるノードを前提とする。サーバノードのアドレス及びサーバとして動作する時間を含めたパケットを SNP (Server node packet) と定

Algorithm 2 Server selection algorithm

```

1: SNP : (source address,time) : snp contains own address
   and lifetime of server
2: SCP : (time) : scp contains lifetime of server
3: if received SNP then
4:   while lifetime of SNP do
5:     become client node
6:   end while
7: else
8:   broadcast SCP to YABUMI node
9:   if received SCP then
10:    if(my lifetime of SCP > other lifetime of SCP)
11:    then
12:      while lifetime of SNP > 0 do
13:        broadcast SNP to YABUMI node
14:        become server node
15:      end while
16:    end if
17:  else
18:    while (lifetime of SNP) > 0 do
19:      broadcast SNP to YABUMI node
20:      become server node
21:    end while
22:  end if

```

図 10 サーバ選択アルゴリズム

義する。また、もし自ノードがサーバとなった場合にサーバとして動作する時間を含めたパケットを SCP (Server challenge packet) と定義する。サーバノードは周囲に自身がサーバであることを知らせるため SNP をブロードキャストする。各ノードは SNP を受信し、そのサーバの寿命時間が有効である間はクライアントノードもしくは中継ノードに徹する。SNP の寿命時間がなくなったら、サーバ候補ノードは SCP をブロードキャストする。この時、自ノード以外の SCP を受信した場合、自ノードの SCP 内の寿命時間と他ノードの SCP 内の寿命時間を比較し、自ノードの寿命時間の方が長い場合は SNP をブロードキャストしサーバノードとなる。

6. 関連研究

MANET のルーティングプロトコルにおいて、位置情報を扱ってルーティングを行うプロトコルが存在する⁷⁹⁾。また、既存の MANET のルーティングプロトコルに位置情報の機能を追加させた研究が挙げられる⁸¹⁾²⁾。さらに、アドホックネットワークの環境において SIP を扱うために、MANET に SIP と同様の動作を組み込む研究が提案されている⁹⁾。

しかしながら、これらの研究はルーティングプロトコルに依存してしまうため、必ずしも実際の環境に適しているルーティングプロトコルが選択されるとは限らない。さらに、これらの研究は SIP において特定地域など位置情報に関しては考慮されていない。

7. まとめと今後の課題

アドホックネットワークにおいて位置情報を考慮した SIP シグナリング手法として我々は YABUMI を提案、評価を行った。YABUMI では SIPURI ベースのシグナリングと特定地域宛でのシグナリングを併用するために、既存の SIP を拡張し位置情報を扱ってシグナリングを行う。さらに、アプリケーション層である SIP を拡張することにより MANET のルーティングプロトコルに依存しない設計となっている。

評価として YABUMI を ad hoc モード及び AODV を利用した場合において、既存の SIP のシグナリングと比較し、ほとんど遅延することがなく動作することが確認できた。

今後は特定地域内に存在する複数のノードに対してセッションを確立する 1 対多通信について、サーバ選択手法の実装やサーバレス化について、そして不特定

の宛先に対してシグナリングを行うため、認証制御についてそれぞれ検討を行っていく。

参考文献

- 1) T. Clausen, P. Jacquet, A. Laouiti, P. Muhlethaler, a. Qayyum et L. Viennot. Optimized link state routing protocol. In IEEE INMIC Pakistan 2001.
- 2) Ethereal
<http://www.ethereal.com/>
- 3) The GNU oSIP library
<http://www.gnu.org/software/osip/osip.html>
- 4) M. Handley, H. Schulzrinne, E. Shooler, and J. Rosenberg, "Session Initiation Protocol," RFC 3261, June 2002.
- 5) Khlifi, H. Agarwal, A. Gregoire, and J.-C. "A Framework to Use SIP in Ad-hoc Networks," IEEE CCECE2003.
- 6) D. Johnson and D. Maltz, "Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks," Mobile Computing, Chapter 5, Kluwer Academic, Boston, M.A., pp. 153-181, 1996.
- 7) Brad Karp and H. T. Kung "GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks," In ACM/IEEE Int. Conf. on Mobile Computing and Networking (Mobicom 2000), August 2000.
- 8) Young-Bae Ko and Nitin. H. Vaidya, "GeoTORA: A Protocol for Geocasting in Mobile Ad Hoc Networks," in 8th International Conference on Network Protocols (ICNP), Nov. 2000.
- 9) Young-Bae Ko and Nitin H. Vaidya, "Location Aided Routing (LAR) in Mobile Ad Hoc Networks," ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, pp 66-75, Oct. 1998.
- 10) Li Li and Louise Lamont "Support of Multimedia SIP Applications in Mobile Ad hoc Networks: Service Discovery and Networking Architecture" IEEE Globecom 2005.
- 11) D. Moore, J. Leonard, D. Rus, and S. Teller. Robust distributed network localization with noisy range measurements. In Proceedings of the Second ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems.
- 12) Chia-Ching Ooi & N. Faisal, "Implementation of Geocast- Enhanced AODVbis Routing Protocol in MANET," TENCON 2004, 21-24 November 2004.
- 13) C.E Perkins and E.M. Royer, "Ad-Hoc on-demand distance Vector Routing," 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing and Application 1999 Proceedings, WMCSA'99, pp. 90-100, 25-26 Feb 1999.
- 14) A. Savvides, C.C. Han, and M.B. Srivastava. Dynamic fine grained localization in ad-hoc sensor networks. n Proceedings of the Fifth International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicom), pages 166-179, Rome, Italy, July 2001.