

# オーバーレイネットワーク上に構築した安否確認システムの有効性に関する実験的評価

田丸 純<sup>1</sup> 阿部 紘一<sup>2</sup> 島 和之<sup>1</sup> 前田 香織<sup>1</sup>

**概要:** 災害時の安否確認をインターネット上で安否情報の登録と検索をするサービスが多々提供されている。災害時に多数のユーザがサービスを一斉に利用する状況に対して備えるため、一般的にはサーバの過負荷や通信の輻輳などを回避するための様々な研究が進んでいる。その一種にオーバーレイネットワークを用いたサービスに関する研究もある。本論文では災害時の安否確認システムの要求条件を明らかにし、その条件を満たすようなシステムをオーバーレイ上に構築することの有効性について述べる。本論文で提案するシステムの特徴は安定的な安否情報の提供のため、オーバーレイネットワーク上にサービスを構築することである。分散配置されたサーバからなる分散ハッシュ表(DHT)のため、著者らがChordを改良し、提案したアルゴリズムを用いる。これはサーバ数によらず、サーバの経路表の更新に必要なパケットが一定なので、災害時のシステムとして有効性を発揮できる。提案方式の検証のため、個人識別にICカードを用いたプロトタイプシステムを開発した。開発システムの有効性に関する実験的評価について述べる。

## An Experimental Evaluation of Effectiveness of a Safety Confirmation System Built on Overlay Networks

JUN TAMARU<sup>1</sup> KOICHI ABE<sup>2</sup> KAZUYUKI SHIMA<sup>1</sup> KAORI MAEDA<sup>1</sup>

**Abstract:** There are many services using Internet to confirm persons' safety at the time of disaster. Since many users simultaneously use the safety confirmation service in the time of disaster, various approaches for preventing server overload and network congestion are proposed and developed. A service using overlay networks is one kind of them. This paper shows requirements of safety confirmation systems at the time of disaster, and describes effectiveness of the system over overlay networks, which satisfies the requirements. A feature of our proposed system in this paper is that services are built on overlay networks for stable providing persons' safety information. It uses an algorithm that the authors' proposed by refining Chord for Distributed Hash Table (DHT) constructed from distributed servers. This algorithm is effective in the time of disaster since the required number of packets to update the routing table is constant and independent on the number of servers. We developed a prototype system using IC cards for identifying persons in order to verify our proposal. We also describe the experimental evaluation of effectiveness of the developed system.

### 1. はじめに

安否確認システムとは、災害時に安否確認の情報をメー

ルや掲示板などで知らせるためのシステムである。東日本大震災以前にこれらのシステムの多くは携帯電話網を用いて安否確認を行うことが想定されていたが、実際に震災時には携帯電話回線の不通によりシステムが利用できなかったケースが多々発生している [11]。これは通信事業者において通信回線の輻輳の発生を抑えるため、通信規制が実施されたことによる。パケット通信の規制は通話に比べて低

<sup>1</sup> 広島市立大学大学院情報科学研究科  
Graduate School of Information Sciences,  
Hiroshima City University

<sup>2</sup> 広島市立大学情報科学部  
Faculty of Information Sciences,  
Hiroshima City University

かったものの、インターネット通信環境は大量のアクセスに対しても比較的安定に対応できることから、安否確認の手段として有用なことが示されている [7]。東日本大震災発生時にもグーグル株式会社の「Google Person Finder」やヤフー社の「公式避難所名簿検索」はインターネットの利用も対応することで、情報の信頼性などの問題を抱えるも、早い時期から必要な情報を提供することができ、速報性には有効な事例としてあげられる。

震災前の安否確認システムの多くは携帯電話網が想定されていたことから、安否確認システムの利用デバイスとしては携帯電話が多い。しかし、災害現場では携帯電話の電池切れや紛失などによりデバイスとして利用ができなかったり、複雑な携帯電話の操作ができなかったりという問題を抱えているため、より簡便なデバイスが望まれる。文献 [6] では災害時に携帯電話などを利用できない場合、ICカードとインターネットによる安否確認が有用であることが提案されている。

こうした背景より、安否確認のシステムにおいては、インターネット上のサービスにおいては一般の Web サービスと同様に安定的なサービス提供が必要とされるが、災害時のアクセスや利用者の緊急状態を想定するなど安否確認に固有のサービス利用形態や情報の種類・サイズに着目することで、より速報性、安定性の高いサービス提供が期待できる。そこで、著者らはオーバレイネットワークと IC カードを用いた安否確認システムを提案している [10]。これによりサービス提供の安定性の向上を目指す。本論文では、まず安否確認システムに求められる要求条件を明らかにする。その条件を満たす安否確認システムをオーバレイ上に構築する。提案したシステムでは著者らが提案する分散ハッシュテーブル (DHT) [4] を用いる。提案する DHT では、ノード数に対して次数が一定である。すなわち、サーバ数の変化に対して経路表の更新に必要なパケット数は変化しない。よって、より安定的なサービスを提供できると考えられる。

本論文の構成は以下のとおりである。2 で安否確認システムに求められる要件とオーバレイ方式の適用方法について述べる。3 で具体的なシステムの提案とプロトタイプシステムの実装について述べる。4 で実験的評価を行い、安否確認システムの要求条件に対する考察を行う。最後に 5 でまとめと今後の課題について述べる。

## 2. 安否確認サービスのオーバレイ上構築

インターネット上で構築される安否確認システムは Web サービスとして構築されるケースが多く、一般の Web サービスと同様に一斉多数のサーバアクセスや通信集中などの課題解決が必要となる。そのため、一点障害やサーバ処理過負荷などを回避するための技術であるオーバレイネットワーク上に安否確認システム構築することは課題解決の 1

つのアプローチとなる。本章では安否確認システムに求められる要件を整理し、その要件を満たすためにどのようにオーバレイ上に構築すべきか、すなわちどのような DHT の作成が有効かについて述べる。

### 2.1 安否確認システムへの要求条件

安否確認システムはインターネット上で利用されることを想定して、Web サービスシステムとして構築されるが、被災現場という特殊、緊急な場面で多様な利用者が使う。また、大量のアクセスが集中する。これらのこと、および、文献 [7] を参考に、安否確認システムは以下のような条件で使えることが必要と考える。

- (1) 大量のアクセスへ対応できる通信環境で利用できる。
- (2) サービスが安定的に提供できるように、サーバの冗長化や分散化がなされている。また、サーバの増減が簡単に行える。
- (3) システムの利用のためのデバイスが入手しやすい、誰でもが利用できるようなものである。
- (4) システムの操作性が平易である。
- (5) 散発故障や小規模な経路分断 (少数のサーバがネットワークから切断) に対する障害許容性をもつ。

### 2.2 安否確認システムで用いる DHT

前節で提示した条件のうち、(1) や (2) を満たすために、オーバレイネットワーク上にサービスを構築を用いることは有効である。既に一般的なコンテンツ配信などの Web サービスにおいてその技術が使われているケースも多々ある。例えば、文献 [5] ではブログサービスのストレージの分散化に Chord [8] の実装の 1 つを用いて評価を行っている。

一方、安否確認サービスには、災害時に多数のユーザが一斉にアクセスするという特徴がある。このため、一時的にサーバの過負荷やインターネットの輻輳が生じやすい。よって、より少ないパケットで経路表を更新できることが望ましい。Chord のルーティングアルゴリズムでは、サーバ数が多くなると経路表の更新に必要なパケットが増える。

そこで、著者らはこの問題を解決するアルゴリズムを提案している [4]。この提案方式では、各ノードが担当範囲の定数倍の範囲のキーを担当するノードを隣接ノードとする。この定数を  $\beta$  とすると、担当範囲の  $\beta^L$  倍の範囲のキーを担当するノードへは経路長  $L$  以内で到達できる。メッセージを受信したノードは、各隣接ノードからキーの担当ノードまでの経路長の最大値を求め、それが最小となる隣接ノードにメッセージを転送する。これを繰り返すことで、メッセージがキーの担当ノードにたどり着く。キーと値との対応を設定するための put メッセージ、および、キーに対応する値を取得するための get メッセージを用いて DHT を構成する。キーの担当ノードが、put メッセージを受信すると、キーと値との対応を記憶する。get メッセージを

受信すると、キーに対応する値を送信元に返信する。

このように提案方式では各サーバが担当範囲の定数倍の範囲にあるサーバを隣接ノードとして持つため、経路表の更新に必要なパケット数がサーバ数に寄らず一定である。提案方式を用いて、ノードの参加・離脱が頻繁に発生する状況でパケットの到達率を調べた結果、従来手法に比べて到達率が上がることが確認されている [4]。また、文献 [1] や [2] により、一定次数のオーバーレイネットワークの方がタイムアウトの頻度が小さいことも示されている。これらのことから、提案方式は多数のサーバからなる安否確認サービスで有効に機能すると考えられる。

### 3. 提案システム

#### 3.1 システムの概要

提案するシステムは 2.1 で述べた安否確認サービスへの要求条件を満たすため、以下のような方針でシステムを構築する。

- (1) 要件 (1) を満たすため、インターネット上にシステムを構築する。
- (2) 要件 (2) を満たすため、著者らの提案アルゴリズムを用いてオーバーレイネットワーク上にシステムを構築する。
- (3) 要件 (3) と (4) を構築するため、IC カードを安否確認システムの入力や検索デバイスとして用いる。

#### 3.2 構成

図 1 にオーバーレイネットワークを用いた安否確認システムの構成を示す。複数台の安否情報を処理するサーバを用意し、情報共有のためにオーバーレイネットワーク上の DHT を用いる。用いる DHT は著者らが提案する方式 [4] である。避難場所には IC カードリーダーを備えた登録端末に非接触型 IC カードをかざし、ID と位置情報をサーバに登録する。これにより災害時に携帯電話などを持っていない人でも安否情報を登録できるようにする。1 つのサーバに登録された情報はオーバーレイネットワークによって他のサーバにも共有される。サーバに登録され、共有された安否情報は、PC や携帯電話などの Web ブラウザを用いて検索できる。ただし、安否情報を検索する方は、被災しておらず、携帯電話などを使用できることが前提である。

例として図 2 は日本の各地にサーバを分散した場合である。図 2 での実線部分は現在オーバーレイネットワークを形成している部分で、点線部分は他のサーバの位置を記憶させている。これによりサーバ、及びネットワークが使用不可能になったとしても新たにオーバーレイネットワークを形成しなおすことができる。ブラウザは近くのサーバに接続し、情報の検索を行うことができる。しかし、災害時に近くのサーバが使用不可能の場合は、他のサーバへ接続が可能である。

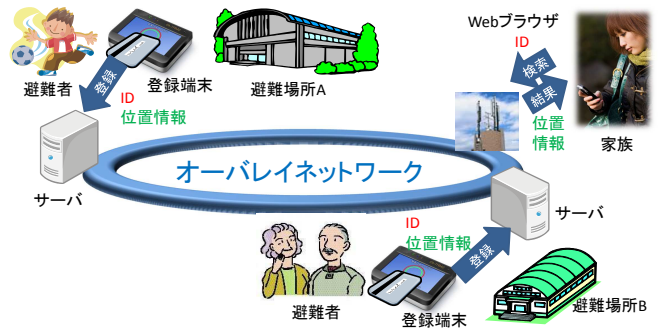


図 1 安否確認システム

Fig. 1 Configuration of safety confirmation system

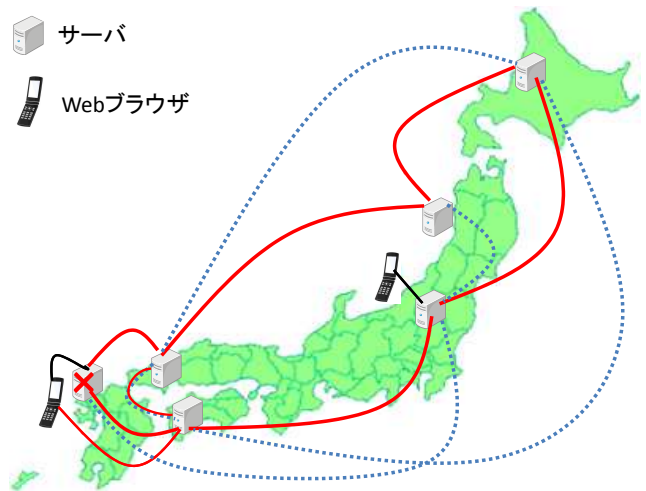


図 2 オーバレイネットワークを用いた例

Fig. 2 Example of server distribution on an overlay network

#### 3.3 プロトコル

登録端末とサーバ間、サーバとサーバ間では以下の情報を送信する。

- IC カードの ID 番号
- 位置情報
  - 緯度、経度
  - 住所 (都道府県等)
  - 登録端末の IP アドレス
  - 乗り物の番号や乗車時間等
- 時刻

登録端末とサーバ間では TCP、サーバとサーバ間では UDP を用いて情報を送受信する。サーバは、IC カードの ID 番号を DHT のキー、位置情報と時刻を DHT の値として DHT に登録する。

Web ブラウザからサーバへは HTTP の URL に IC カードの ID 番号を含めて送る。サーバは IC カードの ID 番号を DHT のキーとして DHT で検索を行い、Web ブラウザへ位置情報と時刻を送る。IC カードの ID 番号を URL に含める際に RFC 4648 base64url encoding を使用する [3]。base64url では、”+” と ”/” が問題を引き起こすことがある。base64url

カードを用いて家族などと連絡するためのシステムです。  
・PASPY, ICOCAなどのFeliCa対応カードが使えます。  
・カードのIDを読みますが、その他の情報は読みません。  
・カードに情報を書きません。残額なども変わりません。

カードリーダーにカードをタッチしてください。  
下記の位置情報を送信します。  
場所：広島市役所

図3 システム起動画面

Fig. 3 Initial screen shot of the system

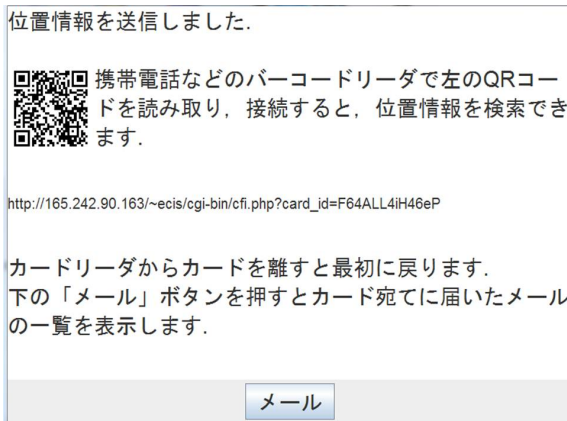


図4 URL, QR コード表示画面

Fig. 4 Display screen shot of URL and QR code

では”+”の代わりに”-”, ”/”の代わりに”\_”を使用することで問題が生じない。

### 3.4 試作システム

試作したシステムの動作を説明する。災害発生前には以下のような手順で必要な情報を携帯電話などの Web ブラウザに登録しておく。

- (1) 登録端末で登録画面を表示する。(図3参照)
  - (2) ICカードリーダーにICカードをかざす。
  - (3) 画面にURLとQRコードが表示される。(図4参照)
  - (4) 表示されたURLかQRコードを災害時に安否情報を検索したい者(例えば、家族など。以下、「検索者」と呼ぶ。)が携帯電話などで読み取り、メニュー画面をWebブラウザのブックマークに登録する。(図5参照)
- なお、今回の試作システムでは実装していないが、手順(4)で表示されたサーバが使用不可能となった場合でも他のサーバに接続できるように、代替用のリンクを表示する予定である。

災害発生後は事前に登録した情報を用いて以下のように安否確認を行う。

- (1) 避難者は避難場所等に設置してある登録端末にICカードをかざし、安否情報を登録する。
- (2) 検索者が携帯電話などのWebブラウザのブックマークに登録しておいたURLにアクセスすると、メニュー画面が表示される。

### Ichidai ECIS Card Finder

#### Main menu

このページをブックマーク(お気に入り)に登録してください。

位置情報を検索する

カードのIDで位置情報を検索します。

メールを送る

カードにメールを送ります。カードをタッチした端末がメールを表示します。

Person Finderに登録する

カードの持ち主の名前を Google Person Finderに登録し、検索できるようにします。

図5 メニュー画面

Fig. 5 Menu screen

### Ichidai ECIS Card Finder

#### Search result

以下の場所で見つかりました。

場所:広島市役所  
電話:0822452111  
住所:広島市 中区 国泰寺町 1-6-34  
位置:緯度34.385206,経度132.455294  
[au EZ ナビ](#), [Yahoo!地図](#) (航空写真), [Googleマップ](#) (PC用)  
時刻: 2012/01/24 14:09:50

図6 検索結果

Fig. 6 Search results

- (3) メニューの「位置情報を検索する」を選ぶと、安否情報を検索し、位置情報と時刻を表示する。(図6参照)

## 4. 評価実験

### 4.1 目的

本実験では災害時を想定した状況での実験を行う。これにより提案するオーバレイネットワーク上のDHTを用いた安否確認システムがオーバレイネットワークおよびDHTを用いない従来の安否確認システムよりも安否確認がより確実にできることを実証する。また、ICカードによる情報登録に要する時間を検証していく。

### 4.2 実験環境

登録端末用とサーバ用に表1,2のようなコンピュータを用いた。サーバ用コンピュータでは、表3のようなVirtual Boxによる仮想OSを構築し、サーバ用ソフトウェアを実行した。

### 4.3 実験1

提案システムの障害許容性を示すため、3台のサーバの内1つのサーバがアクセス不能になった場合でも、残りの2台のサーバによって安否情報を検索できることを確認する。安否情報の登録端末としてコンピュータ1台と、検索用Webブラウザとして携帯電話(スマートフォン)1台を用いる。サーバ3台(A, B, C)でオーバレイネットワー

表 1 登録端末用コンピュータの諸元

Table 1 Specification of a computer for a registration terminal

CPU	Intel (R) Core (TM) 2 Duo CPU E7600
クロック	3.1GHz
メモリ	4GB
ハードディスク	918GB
OS	Microsoft Windows 7 ( 64 ビット )
ネットワーク	Intel (R) 82567V-2 Gigabit Network Connection

表 2 サーバ用コンピュータ

Table 2 Specification of a server computer

CPU	Intel (R) Core (TM) 2 Duo CPU U9400
クロック	1.4GHz
メモリ	4GB
ハードディスク	141GB
OS	Microsoft Windows 7 ( 32 ビット )
ネットワーク	Intel (R) 82567LM Gigabit Network Connection

表 3 仮想サーバ (VirtualBox) の環境

Table 3 An environment of a virtual server (Virtual Box)

VirtualBox	バージョン 4.1.6
OS	Fedora Core 8
メインメモリ	512MB
ストレージサイズ	8.00GB

クを構成する。災害発生時を想定し、3台のうち1台の通信を遮断する。残りの2つのサーバが情報共有していることを確認するため、片方にICカードの情報を登録し、他方で検索する。登録した直後に検索を行い、情報が得られるまでの時間を計測する。実験手順は以下の通りである。

- (1) 登録端末をサーバ A に接続する。
- (2) ICカードをカードリーダーにタッチし、サーバ A に安否情報を登録する。
- (3) 携帯電話でサーバ A, B に接続し、安否情報を検索する。
- (4) サーバ C の接続を切る。
- (5) 携帯電話でサーバ A, B に接続し、安否情報を検索する。

どの1つのサーバも全体を管理するサーバではないことを示すため、3つのサーバの役割を入れ換え、上記の手順を行った。表4には、上記の手順の内(1)から(3)での登録サーバごとの登録から検索までの時間と検索結果を、表5には手順(5)でのサーバを1つ停止させた後の検索時間と検索結果を示す。

#### 4.4 実験2

多数の避難者の安否情報を登録する場合に要する時間を見積もるため、ICカード20枚の登録に要する時間を計測する。実験方法として、まず10人の学生に1人2枚ずつ

表 4 実験 1:登録サーバごとの登録から検索終了までの時間と検索結果

Table 4 Exp.1:Time to complete search from starting entry for every entry server and search results

登録サーバ	検索サーバ	時間 [s]	結果
A	A	3.46	可
A	B	2.23	可
A	C	3.40	可
登録サーバ	検索サーバ	時間 [s]	結果
B	A	2.42	可
B	B	2.27	可
B	C	3.57	可
登録サーバ	検索サーバ	時間 [s]	結果
C	A	1.85	可
C	B	2.16	可
C	C	4.28	可

表 5 実験 1:1 台のサーバ停止後の登録サーバごとの検索時間と検索結果

Table 5 Exp.1:Time to complete search after stopping one server for every entry server and research results

登録サーバ	停止サーバ	検索サーバ	時間 [s]	結果
A	B	A	2.46	可
A	B	C	4.21	可
登録サーバ	停止サーバ	検索サーバ	時間 [s]	結果
A	C	A	2.76	可
A	C	B	3.73	可
登録サーバ	停止サーバ	検索サーバ	時間 [s]	結果
B	A	B	2.78	可
B	A	C	3.74	可
登録サーバ	停止サーバ	検索サーバ	時間 [s]	結果
B	C	A	2.46	可
B	C	B	2.58	可
登録サーバ	停止サーバ	検索サーバ	時間 [s]	結果
C	A	B	2.54	可
C	A	C	3.25	可
登録サーバ	停止サーバ	検索サーバ	時間 [s]	結果
C	B	A	2.85	可
C	B	C	3.56	可

渡す。1台の登録端末に1列に並んでもらい、所持しているICカードを1枚登録してもらう。1枚登録後、再び列に並んでもらい、もう一方のICカードを登録してもらう。この1台の登録端末からICカード20枚を連続して登録する場合の実験結果を表6に示す。

次に2台の登録端末から2台のサーバに並行して登録した場合における時間を計測する。この実験では、1台の登録端末に対してICカード10枚の登録を行う。実験方法として、まず10人の学生に、1人2枚ずつICカードを渡す。そして、1台の登録端末に対して、5人ずつ分かれてもらい、所持しているICカードを1枚登録してもらう。1枚登

表 6 実験 2:IC カード 20 枚連続登録時間

Table 6 Exp.2:Sequential entry time of twenty IC cards

回数	時間	失敗回数	1枚あたりの平均登録時間 [s]
1	77.92	2	3.896
2	51.59	2	2.5795
3	60.15	1	3.0075
4	73.04	0	3.652

表 7 実験 2:2 台同時登録 (IC カード 10 枚ずつ)

Table 7 Exp.2:Parallel entry time of two terminals (every ten cards)

回数	時間	失敗回数		1枚あたりの平均登録時間 [s]
		A	B	
1	40.7	1	6	4.07
2	35.5	0	0	3.55
3	37.04	0	0	3.704

表 8 実験 3:検索時間と検索結果 (サーバ A)

Table 8 Exp.3:Search time and its results (server A)

回数	時間 [s]	結果
1	2.24	可
2	3.83	可
3	2.24	可
4	2.34	可
5	2.92	可
6	2.3	可
7	2.14	可
8	1.56	可
9	1.57	可
10	1.83	可

録後、再び列に並んでもらい、もう一方の IC カードを登録してもらう。この 2 台の登録端末から 2 台のサーバに並行して登録した場合の結果を表 7 に示す。

#### 4.5 実験 3

安否情報の登録から検索までに要する時間を示すため、3 台のサーバでオーバレイネットワークを構成し、登録端末で IC カードを読み取ってから Web ブラウザの検索画面に反映されるまでの時間を測る。表 8, 9, 10 に実験 3 の結果を示す。

#### 5. 考察

表 4, 5 より、用意したサーバの内どの 1 台の通信を遮断した場合でも、登録された安否情報を検索できた。3 つのサーバを入れ換えて実験を行っても、情報の登録と検索を行えた。

登録後に情報が得られるまでの時間はサーバが 2 台では平均で 3.08 秒、3 台では 2.83 秒であった。標準偏差は 2 台では 0.60、3 台では 0.82 であった。本来ならばサーバの

表 9 実験 3:検索時間と検索結果 (サーバ B)

Table 9 Exp.3:Search time and its results (server B)

回数	時間 [s]	結果
1	1.71	可
2	2.56	可
3	1.57	可
4	1.62	可
5	1.98	可
6	1.76	可
7	2.0	可
8	1.38	可
9	2.80	可
10	2.15	可

表 10 実験 3:検索時間と検索結果 (サーバ C)

Table 10 Exp.3:Search time and its results (server C)

回数	時間 [s]	結果
1	2.97	可
2	2.38	可
3	2.31	可
4	3.77	可
5	3.71	可
6	2.21	可
7	2.33	可
8	3.15	可
9	2.16	可
10	2.01	可

数が増えるにしたがって検索時間も長くなるが、逆に短くなっている。ただし、この差は統計的に有意ではないので誤差と考えられる。この時間は、避難場所の移動に要する時間に比べて十分に短い。

表 6, 7 より、IC カードを連続で登録を行った場合でも、問題なく情報の登録を共有が行われた。また、IC カード 1 枚あたりの登録にかかる時間は平均 3.63 秒であった。災害時に避難者が 1000 人いる場所での 1 時間程度での登録が可能である。なお、実験 2 においての失敗は IC カードの ID 番号を URL に含める際に起こったエラーが原因であったと考えられる。1 回目の実験後、IC カードの ID 番号を URL に含める際に RFC 4648 base64url encoding を使用 [3] した。その結果、2 回目以降の実験では失敗は見られなかったため、問題は解決したと考えられる。

表 8, 9, 10 より、サーバ 1 台での登録から検索まで検索時間は平均で 2.32 秒、標準偏差は 0.66 であった。さらに実験 1 の 3 台のサーバに登録を行った時の結果と実験 3 の結果をもとに t 検定を行った結果、P 値 0.11 より、有意差はないと言える。このことから検索時間に対してオーバレイネットワークによる遅延時間は小さかったと考えられる。

以上をまとめると、

- 提案 DHT を用いることでサーバが単一障害点となら

ない。

- 提案 DHT を用いても登録から検索までの時間は十分に短い。
- 提案 DHT を用いても多数の安否情報を連続的に登録することが可能である。

よって、提案 DHT は安否確認システムの実装に有効であると言える。

## 6. 結論

本研究では、安否確認システムの要求条件を整理し、それを満たすような安否確認のためのシステムを提案した。提案システムはオーバーレイネットワーク上に構築するもので、DHT として著者らが提案する Chord を改良した方式を用いる。いくつかの評価実験を通して、提案システムの有効性を示した。

ただし、提案する Chord の改良方式の有効性を示すにはサーバの台数が不十分であったので、今後はシミュレーション等で理論的な評価も行っていく。また、開発したシステムの実証実験として学内の防災訓練に応用して行く予定である。

謝辞 有意義なコメントをいただいた査読者に感謝します。本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究(C)(22500064)を受けて行われた。

## 参考文献

- [1] Guihai Chen, Chengzhong Xu, Haiying Shen, and Daoxu Chen: *P2P Overlay Networks of Constant Degree*, GCC 2003, LNCS 3032, pp.412-419, (2004).
- [2] Haiying Shen, Cheng-Zhong Xu, Guihai Chen: *Cycloid: A Constant-Degree and Lookup-Efficient P2P Overlay Network*, Proc. of the 18th IEEE International Parallel & Distributed Processing Symposium (IPDPS '04), (2004).
- [3] S. Josefsson: *The Base16, Base32, and Base64 Data Encodings*, IETF, RFC4648, (2006.10).
- [4] Hyojin Kwon et al: *A simple routing algorithm in a constant degree overlay network*, International Symposium on Software Reliability Engineering, Student paper #4-1, (2011.12).
- [5] 駒井秀一, 伊勢幸一, 池邊智洋: クラウドシステムのための分散型 URI 方式性能評価 -DHT 技術によるプログ用ストレージの分散化と検索の実証実験-, 電子情報通信学会技術研究報告.IA-200903, pp.1-8, (2009.09).
- [6] 中野潔: 記名式の非接触型 IC カードによる非常時の所在地確認に関する一考察, 情報処理学会 電子化知的財産・社会基盤研究会特別シンポジウム「情報技術と社会制度を考える」, pp.11-14, (2005.09).
- [7] 総務省: 大規模災害時におけるインターネットの有効活用事例解説集, 入手先 [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000173746.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000173746.pdf) (2012.03).
- [8] Ion Stoica et al: *Chord: a scalable peer-to-peer lookup protocol for Internet applications*, ACM/IEEE Trans. on Networking, Vol.11, no1, pp.17-32, (2003.08).
- [9] 田丸純: アドホックネットワークにおける Chord に基づくプロトコルの実装, 広島市立大学卒業論文, (2011.02).
- [10] 田丸純, 阿部紘一, 島和之: IC カードとオーバーレイネット

ワークによる災害時の安否確認システム, 電子情報通信学会 2012 年総合大会, B-18-10, (2012.03).

- [11] YANO ICT(矢野経済研究所): 東日本大震災後の安否確認システム導入意向に関する調査結果 2011, 入手先 <http://www.yanoict.com/yzreport/173> , (2011.05).